

REGIONE PIEMONTE

POLITICHE DI COMUNICAZIONE IN VALLE DI SUSA

in relazione all'apertura del traforo stradale del Fréjus

Ires - Istituto Ricerche Economico Sociali

Assessorato regionale ai trasporti e alla viabilità

Elc - Electroconsult



Franco Angeli/Urbanistica



I lettori che desiderano essere regolarmente informati sulle novità pubblicate dalla nostra Casa Editrice possono scrivere, mandando il loro indirizzo alla « Franco Angeli Editore, Casella Postale 4294, Milano » ordinando poi direttamente i volumi alla loro Libreria.

REGIONE PIEMONTE

**POLITICHE DI COMUNICAZIONE
IN VALLE DI SUSA**

**in relazione all'apertura del traforo
stradale del Fréjus**

Ires – Istituto Ricerche Economico Sociali
Assessorato regionale ai trasporti e alla viabilità
Elc – Electroconsult



Franco Angeli Editore

Questo è uno degli studi predisposti per la formazione del piano dei trasporti della Regione Piemonte.

Gli studi per la formazione del piano dei trasporti della Regione Piemonte sono stati predisposti, nel loro insieme, da:

Ires - Istituto Ricerche Economico Sociali, Torino;
Assessorato regionale ai trasporti ed alla viabilità, Torino;
Csst - Centro Studi sui Sistemi di Trasporto, Roma;
Elc - Electroconsult, Milano;
Laris - Lavori, Ricerche e Studi, Milano.

L'Assessorato regionale ha definito gli obiettivi ed i temi di centrale importanza da studiare e, inoltre, ha assicurato il coordinamento organizzativo; il coordinamento organizzativo generale è avvenuto mediante un gruppo appositamente costituito al suo interno, raccordato dall'ing. Vincenzo Filardo. L'Ires ha definito il programma di lavoro ed ha assicurato il coordinamento scientifico dell'intero piano di studi: tale attività è stata svolta dalla Sezione Pianificazione del territorio, diretta dal prof. Cristoforo Sergio Bertuglia.

Questo studio è stato condotto dall'Ires, dall'Assessorato regionale ai trasporti e dall'Elc. Il coordinamento scientifico è stato svolto, per l'Ires, oltre che dal prof. C.S. Bertuglia, anche, per gli aspetti metodologici, dal dott. Giovanni Rabino e, per gli aspetti tecnico-operativi, dal geom. Teresio Gallino e dal rag. Ivo Gualco.

L'attribuzione dello studio viene fatta con riferimento ai capitoli: 1: prof. C.S. Bertuglia; 2: dott. Alfredo Vinci dell'Elc; 3: ing. Mario Carrara dell'Assessorato regionale ai trasporti; 4: ing. Luciano Baldo ed ing. Pietro Silvioli dell'Elc; 5: arch. Giorgio Leonardi, consulente dell'Assessorato regionale ai trasporti; 6: ing. M. Carrara; 7: ing. L. Baldo ed ing. P. Silvioli; 8: ing. M. Carrara; 9: ing. L. Baldo ed ing. P. Silvioli; 10: prof. C.S. Bertuglia.

Il testo, redatto in prima stesura dagli indicati collaboratori, è stato rielaborato nella versione definitiva, che qui si presenta, dal prof. C.S. Bertuglia, con la collaborazione, per gli aspetti tecnico-operativi, del geom. T. Gallino.

Anche in rapporto sia alla preparazione del convegno, promosso dalla Regione Piemonte, sulle "Politiche di intervento sul sistema delle comunicazioni della valle di Susa in relazione all'apertura del traforo stradale del Fréjus", svoltosi il 17.2.1978, sia ai contatti con gli Enti locali e gli operatori interessati al problema, l'Assessorato regionale ai trasporti è intervenuto con un gruppo tecnico-operativo, composto da: ing. M. Carrara, geom. Antonio Esposito, ing. Filippo Isgrò, arch. Alberto Lotti e dr. Beniamino Napoli.

INDICE

Presentazione di <i>Sante Bajardi</i>	Pag. 11
1. Il problema, l'obiettivo e l'impostazione dello studio	" 19
1.1. Il problema	" 19
1.2. L'obiettivo ed i vincoli	" 20
1.3. L'impostazione dello studio	" 20
1.3.1. Premessa	" 20
1.3.2. Le condizioni al contorno	" 21
1.3.3. Un carattere del meccanismo di funzionamento del sistema allo studio	" 23
1.3.4. La struttura logica	" 24
2. Idrogeomorfologia	" 27
2.1. Premessa	" 27
2.2. Morfologia	" 27
2.2.1. Fino a Susa	" 28
2.2.2. Da Susa ad Oulx	" 30
2.2.3. Da Oulx a Bardonecchia	" 31
2.3. Geologia	" 32
2.3.1. Le rocce	" 32
2.3.2. I materiali incoerenti	" 33
2.4. Assetto idrogeologico	" 37
2.4.1. Le forme del drenaggio	" 37
2.4.2. Le acque sotterranee	" 39
2.4.3. Erosione e deposizione	" 40
2.5. Stabilità dei pendii	" 41
2.5.1. Situazione attuale	" 41
2.5.2. Instabilità potenziale	" 44
2.6. Cenni di ecologia	" 46
2.7. Tracciati stradali	" 47

2.7.1. Fino a Susa	pag. 48
2.7.2. Susa	" 49
2.7.3. Da Susa ad Oulx	" 50
2.7.4. Da Oulx a Bardonecchia	" 51
3. Il sistema attuale delle comunicazioni ferroviarie	" 53
3.1. Generalità	" 53
3.2. Tronco Torino-Bussoleno	" 54
3.2.1. Caratteristiche strutturali	" 54
3.2.2. Caratteristiche di esercizio	" 55
3.3. Tronco Bussoleno-Bardonecchia-Modane	" 57
3.3.1. Caratteristiche strutturali	" 57
3.3.2. Caratteristiche di esercizio	" 58
3.4. Tronco Bussoleno-Susa	" 60
3.4.1. Caratteristiche strutturali	" 60
3.4.2. Caratteristiche di esercizio	" 61
3.5. Conclusioni	" 61
4. Il sistema attuale delle comunicazioni stradali	" 63
4.1. La metodologia	" 63
4.1.1. Elaborazione dei rilevamenti di traffico	" 63
4.1.2. Analisi delle prestazioni e determinazione dei livelli di servizio	" 65
4.2. I risultati	" 70
4.2.1. Strada statale n 24	" 70
4.2.1.1. Situazione idrogeomorfologica	" 70
4.2.1.2. Traffico giornaliero medio, capacità e livello di servizio	" 72
4.2.2. Strada statale n 25	" 79
4.2.2.1. Situazione idrogeomorfologica	" 79
4.2.2.2. Traffico giornaliero medio, capacità e livello di servizio	" 80
4.2.3. Strada statale n 335	" 84
4.2.3.1. Situazione idrogeomorfologica	" 84
4.2.3.2. Traffico giornaliero medio, capacità e livello di servizio	" 84
4.2.4. Strada statale n 335 dir	" 86
4.2.4.1. Situazione idrogeomorfologica	" 86
4.2.4.2. Traffico giornaliero medio, capacità e livello di servizio	" 86
5. Le previsioni di traffico	" 90
5.1. Traffico internazionale di merci e di persone	" 90
5.1.1. Introduzione	" 90

5.1.2. L'area di studio	pag.	92
5.1.3. La fase di generazione	"	95
5.1.3.1. Introduzione	"	95
5.1.3.2. Le previsioni demografiche	"	96
5.1.3.3. Le previsioni del traffico totale	"	101
5.1.3.4. La generazione ed attrazione di traffico totale per zona	"	110
5.1.4. La fase di distribuzione	"	117
5.1.4.1. Introduzione	"	117
5.1.4.2. Il modello	"	118
5.1.4.3. I dati di entrata	"	125
5.1.4.4. I risultati	"	127
5.1.5. La fase di ripartizione ai transiti	"	129
5.1.5.1. Introduzione	"	129
5.1.5.2. Il modello	"	133
5.1.5.3. L'uso previsionale e di ausilio alla deci- sione del modello adottato	"	163
5.1.5.4. I dati di entrata	"	167
5.1.5.5. I risultati	"	170
5.2. Traffico pendolare interessante la valle di Susa	"	170
5.2.1. Introduzione	"	170
5.2.2. L'area di studio	"	177
5.2.3. La fase di generazione	"	181
5.2.3.1. Le previsioni di assetto territoriale	"	181
5.2.3.2. La generazione ed attrazione di traffico pendolare per zona	"	181
5.2.4. La fase di distribuzione	"	184
5.2.4.1. Introduzione	"	184
5.2.4.2. Il modello	"	185
5.2.4.3. I dati di entrata	"	187
5.2.4.4. I risultati	"	190
5.2.5. La fase di ripartizione modale	"	190
5.2.5.1. Introduzione	"	190
5.2.5.2. Il modello	"	190
5.2.5.3. I dati di entrata	"	193
5.2.5.4. I risultati	"	193
5.2.6. La fase di assegnazione	"	242
5.2.6.1. Introduzione	"	242
5.2.6.2. Il modello	"	242
5.2.6.3. I dati di entrata	"	245
5.2.6.4. I risultati delle previsioni	"	249
5.2.7. Riassunto della procedura complessiva	"	249
5.3. I risultati conclusivi	"	279
5.3.1. Introduzione	"	279
5.3.2. Il traffico pesante	"	279
5.3.2.1. Introduzione	"	279

5.3.2.2. I veicoli pesanti corrispondenti al traffico di merci internazionale	pag. 280
5.3.2.3. I veicoli pesanti corrispondenti al traffico pendolare locale	" 281
5.3.2.4. I veicoli pesanti corrispondenti al traffico, sia di merci sia di persone non pendolari, locale	" 283
5.3.3. Il traffico leggero	" 284
5.3.3.1. Introduzione	" 284
5.3.3.2. I veicoli leggeri corrispondenti al traffico di persone internazionale	" 285
5.3.3.3. I veicoli leggeri corrispondenti al traffico pendolare locale	" 286
5.3.3.4. I veicoli leggeri corrispondenti ad altro traffico locale	" 288
5.3.4. Quadro riassuntivo	" 289
6. L'impatto delle previsioni sul sistema delle comunicazioni ferroviarie	" 291
6.1. Generalità	" 291
6.2. I risultati	" 292
6.2.1. Epoca 1980	" 292
6.2.2. Epoca 1983	" 293
6.2.3. Epoca 1986	" 293
6.2.4. Epoca 1989	" 294
7. L'impatto delle previsioni sul sistema attuale delle comunicazioni stradali	" 296
7.1. Generalità	" 296
7.2. I risultati	" 296
7.2.1. Strada statale n 24	" 296
7.2.2. Strada statale n 25	" 303
7.2.3. Strada statale n 335	" 306
7.2.4. Strada statale n 335 dir	" 309
7.3. Conclusioni	" 309
8. Gli interventi sul sistema delle comunicazioni ferroviarie	" 312
8.1. Generalità	" 312
8.2. Interventi in corso	" 312
8.3. Interventi in progetto	" 312
8.4. L'effetto degli interventi sul sistema	" 316
8.4.1. Introduzione	" 316
8.4.2. Linea Torino-Modane	" 317
8.4.2.1. Epoca 1983	" 317
8.4.2.2. Epoca 1989	" 317
8.4.3. Tronco Bussoleno-Susa	" 318

9. Gli interventi sul sistema delle comunicazioni stradali	pag. 319
9.1. Generalità	" 319
9.2. Tipologia degli interventi	" 320
9.3. Gli interventi: tipo, tracciato, problemi idrogeologici, costo	" 326
9.3.1. Tronco Rivoli/Alpignano (tangenziale) – Avigliana/Grangia	" 326
9.3.2. Tronco Avigliana/Grangia – Susa	" 330
9.3.3. Tronco Susa-Oulx	" 336
9.3.4. Tronco Oulx-Bardonecchia	" 340
9.3.5. Tronco Oulx-Monginevro	" 340
9.3.6. Tronco Susa-Moncenisio	" 345
9.3.7. Per una analisi degli effetti, sulla tangenziale di Torino, derivanti dall'immissione del nuovo traffico	" 347
9.3.8. Tempi	" 348
9.3.9. Strategie di intervento	" 350
9.3.10. Riepilogo	" 353
10. Conclusione	" 359
10.1. Premessa	" 359
10.2. I risultati	" 359
10.2.1. Livelli di servizio attuali	" 359
10.2.2. Livelli di servizio che si determinerebbero sul canale stradale attuale a seguito dell'apertura del traforo stradale	" 360
10.2.3. Livelli di servizio assunti come riferimento	" 360
10.2.4. Interventi	" 360
10.2.4.1. Tronco Rivoli-Avigliana	" 360
10.2.4.2. Tronco Avigliana-Susa	" 361
10.2.4.3. Tronco Susa-Oulx	" 361
10.2.4.4. Tronco Oulx-traforo del Fréjus	" 362
10.2.4.5. Intera comunicazione Rivoli-traforo del Fréjus	" 362
10.2.5. Tempi	" 363
10.2.6. Strategie di intervento	" 363
10.3. Osservazioni finali	" 364

PRESENTAZIONE

La Regione Piemonte sta procedendo alla formazione del piano regionale dei trasporti, il quale si pone come uno dei piani settoriali, al tempo stesso di attuazione e di arricchimento, del piano regionale globale.

La metodologia politica, adottata per la formazione di detto piano regionale dei trasporti, si fonda sull'uso della strumentazione tecnica più avanzata, da un lato, e, dall'altro, sulla creazione delle condizioni per ottenere la partecipazione più ampia ed il controllo più serrato da parte dell'intera comunità regionale. Per ottenere lo scopo da ultimo indicato, nel mese di giugno 1977, è stata promossa una conferenza introduttiva al piano regionale dei trasporti (cfr.: Assessorato ai trasporti ed alla viabilità della Regione Piemonte, *Il piano dei trasporti in Piemonte. Obiettivi e linee d'azione*, Eda, Torino, 1977), nella quale sono stati fissati gli obiettivi e le linee di azione secondo cui procedere alla formazione del piano stesso. Gli studi, successivamente condotti, sono stati sottoposti a Convegni, per verificarne la coerenza con gli obiettivi e le linee d'azione assunti e per preparare le condizioni affinché il Consiglio regionale del Piemonte possa, sulla base di una proposta della Giunta regionale, esprimersi, su una base fondata e largamente vagliata, ed in detto contesto assumere le decisioni che gli competono.

Quello che qui si presenta è uno degli studi condotti per la formazione del piano regionale dei trasporti: analizza gli effetti che discenderanno dall'apertura del traforo stradale del Fréjus e fornisce gli elementi per consentire di assumere le necessarie decisioni politiche (che, si fa subito presente, non sono, in questo caso,

di competenza di un centro di decisione politica regionale, ma del centro di decisione politica nazionale).

Questo studio, come gli altri, è stato sottoposto ad un convegno, che ha avuto luogo nel mese di febbraio 1978: detto convegno ne ha verificato la coerenza con gli obiettivi e le linee di azione che si era deciso di seguire e ha discusso nel merito assai approfonditamente, preconstituendo le condizioni per la definizione di opzioni politiche da parte della Regione Piemonte; opzioni politiche che la Regione Piemonte ha presentato, dapprima, al Ministro dei lavori pubblici on. A. Gullotti e, poi, al suo successore on. G. Stammati, nonché alla Direzione generale dell'Anas, come proprio contributo alla formazione di una decisione politica nazionale complessa e difficile.

Alle scale nazionale e regionale, il trasporto costituisce il tessuto connettivo del sistema economico; è capace, quindi, di aumentarne o diminuirne la produttività complessiva, di indurre profonde modificazioni, di incidere sui livelli di occupazione, di concorrere al superamento degli squilibri territoriali tra il nord ed il sud del paese e tra le aree sviluppate e quelle non sviluppate delle stesse regioni del nord. Nel piano regionale di sviluppo del Piemonte, si è tenuto conto di ciò, consapevoli che, per i caratteri della regione, per il suo assetto produttivo, per la sua collocazione geografica, per il ruolo sinora svolto nella vita del paese, le decisioni — che si assumono nel settore dei trasporti in campo regionale — non potranno non avere effetti (così come, per altro, è avvenuto in passato), sull'assetto e sullo sviluppo dell'intero paese; particolarmente, poi, in una fase di crisi economica e di scarsità di risorse finanziarie.

E' in questa ottica che sono stati affrontati i problemi di trasporto nella regione; in particolare, il problema dei trasporti nella valle di Susa, in relazione all'apertura, ormai vicina, del traforo stradale del Fréjus.

In lire 1977, il costo finale del traforo stradale del Fréjus raggiungerà i 200 miliardi di lire, ripartiti a metà tra Italia e Francia. Gli investimenti necessari, per l'adeguamento delle comunicazioni stradali sul versante italiano, saranno in ogni caso ingenti: come risulta dallo studio che qui si presenta, sempre in lire 1977, oscilleranno, secondo la soluzione che verrà adottata, fra gli ordini di 250 e 340 miliardi di lire.

La situazione economica del nostro paese è difficile e non sarà agevole, neppure in modo dilazionato, trovare le risorse necessarie; ma crediamo che, al di là della situazione economica contingente, e proprio per superarla correttamente, sia necessario far crescere un modo diverso che per il passato di usare le risorse pubbliche; ciò, ovviamente, a livello sia nazionale sia locale: occorre valutare i possibili effetti delle opere in relazione alla massa degli investimenti che si richiedono, e ciò per un congruo intervallo di tempo futuro. Di ciò, purtroppo, non si è tenuto sempre conto nel passato, come è dimostrato dalle stesse vicende, nel campo dei trasporti, della valle di Susa.

Infatti, l'interscambio Italia-Francia subisce oggi il grave condizionamento derivante dal mancato completamento del raddoppio della ferrovia Torino-Modane in valle di Susa: come è noto, mancano solo 6 chilometri! E' tecnicamente possibile completare il raddoppio entro breve tempo; nel corso del convegno del febbraio 1978, è stato annunciato che la data del completamento sarà anticipata di un anno rispetto a quella prevista del 1983. Le forze politiche regionali devono vigilare affinché questo importante impegno sia mantenuto!

Si deve aggiungere che è agevole installare il blocco automatico su tutta la linea.

Alla conclusione di queste due operazioni, completamento del raddoppio ed installazione del blocco automatico su tutta la linea, i treni in transito potrebbero passare dagli attuali 86 a 120 ed a 180!

Il nostro paese sta compiendo una autocritica. Essa si è espressa nel 1975 con la legge 492 (più nota come provvedimenti anticrisi o provvedimenti La Malfa), la quale bloccava le concessioni per nuove opere autostradali, inclusa la Torino-Bardonecchia. Restava operante la concessione alla Sitaf per la prosecuzione dei lavori del traforo stradale del Fréjus (all'epoca, appena iniziati) e per l'esecuzione del raccordo con la viabilità nazionale.

Occorre, però, osservare che, mentre il dettato legislativo bloccava (con il consenso della opinione pubblica piemontese, che aveva contrastato le scelte del traforo stradale e dell'autostrada) le iniziative per l'autostrada, si doveva registrare l'assenza di misure urgenti per ridurre gli elementi di congestione e di pericolosità, già

esistenti nella viabilità (particolarmente a Bussoleno ed a Borgone di Susa, ma anche altrove) e destinati a crescere a seguito dell'apertura del traforo stradale del Fréjus.

La Giunta regionale ha fondato la decisione di affrontare il problema delle comunicazioni nella valle di Susa, essenzialmente, sul senso di responsabilità; diciamolo pure, sul senso di governo cui ha sempre ispirato la propria azione.

La Giunta regionale lo ha fatto, in presenza di una scelta già compiuta in passato (quella del traforo stradale), tuttora regolata da organi nazionali dei due Stati (Ministeri degli Esteri d'Italia e di Francia): scelta fondata su un disegno di assetto produttivo e territoriale destinato a rafforzare i legami tra le aree più sviluppate dei due paesi, e ciò, a nostro avviso, in preoccupante contrasto con gli obiettivi di riequilibrio del paese; a nostro avviso, infatti, gli obiettivi di riequilibrio interno del paese devono contemplare il rafforzamento dei legami internazionali su un terreno di ben più ampio respiro che non quello sopra enunciato, coinvolgendo non solo le aree più sviluppate, ma anche, e particolarmente, quelle meno sviluppate, delle quali occorre promuovere lo sviluppo anche facendo perno sui legami internazionali.

La giunta regionale lo ha dovuto fare, in presenza di una decisione nazionale, che con ingiustificabile imprevidenza non associò a quella scelta una adeguata e tempestiva azione sulle comunicazioni nella valle di Susa; azione invero necessaria, in relazione all'apertura del traforo stradale e secondo misure strettamente connesse allo sviluppo ed alla organizzazione di una parte così importante del territorio della regione, come è quella del sistema socioeconomico e territoriale della valle di Susa.

Nella piena consapevolezza di tutto quanto precede, la giunta regionale lo ha fatto perché, in quanto il Piemonte è una regione di confine, ha ritenuto e ritiene di doversi impegnare attivamente in ogni problema regionale che abbia rilevanza internazionale, in concorso con gli organi dello stato deputati a trattare quei problemi, e perché, in quanto la valle di Susa è un'area della regione che ha conosciuto una fase di declino, ha ritenuto e ritiene di doversi impegnare attivamente in ogni problema di riequilibrio interno alla regione stessa.

Naturalmente, infine, la Giunta regionale lo ha fatto, nella piena chiarezza (che nessuno, e per nessun motivo, può cercare di far impallidire) che le soluzioni operative concernono la rete stradale e ferroviaria nazionale, cioè una rete che esorbita dalle competenze amministrative della Regione; dunque, la giunta regionale lo ha fatto al solo scopo di sollecitare, con la propria iniziativa, gli Enti istituzionalmente responsabili (Ministeri, Anas, FS).

Nella impostazione del problema, ci siamo posti dei vincoli, esposti, discussi ed assunti nella già citata conferenza introduttiva al piano regionale dei trasporti:

- a. avere una visione unitaria del problema dei trasporti tra l'Italia e la Francia, verificando in detta ottica le previsioni svolte in passato e configurando nuove previsioni, alla luce della nuova situazione economica: previsioni integrate fra ferrovia e strada e graduate nel tempo fino alla soglia degli anni novanta;
- b. perseguire il massimo utilizzo dell'esistente (ossia, degli investimenti passati): ciò per contenere al massimo la spesa, ma anche per introdurre le minori modificazioni possibili nell'ambiente, in relazione alla difesa dell'assetto idrogeologico (naturalmente, nessuno dimenticherà che quello che qui si presenta è un piano di trasporti e non un piano di riassetto idrogeologico della valle, che pure andrà condotto; in relazione a ciò, l'obiettivo massimo che a questo piano poteva essere — ed è stato — assegnato era quello di non peggiorare l'attuale situazione idrogeologica, mentre si garantisce la soluzione dei problemi di trasporto).

Posto quanto precede, si deve aggiungere che il necessario intervento sulle comunicazioni potrà essere fonte di cambiamenti nel sistema della valle: cambiamenti positivi e, anche, cambiamenti negativi. Le soluzioni che si prospettano sono costruite con la preoccupazione di creare le condizioni per esaltare le potenzialità dei primi e per comprimere le potenzialità dei secondi; in particolare, ciò si riconosce per la soluzione che ci pare la più adeguata (ma di ciò si dirà nel seguito). Naturalmente, toccherà al piano globale recare un ulteriore contributo alla esaltazione degli effetti positivi ed alla compressione di quelli negativi connessi all'intervento sui

trasporti. Si deve, però, dire con chiarezza che gli effetti positivi, connessi all'intervento sui trasporti, che si potranno ottenere ed esaltare, non potranno considerarsi sostitutivi dei necessari interventi nei settori produttivi della valle: industria, agricoltura e turismo. Ed è sulle politiche di questi settori che, per lo sviluppo globale della valle, andrà concentrata l'attenzione, utilizzando, in una visione unitaria, quanto correttamente può conseguire dalla soluzione dei problemi di trasporto.

Lo studio, che qui si presenta, ha permesso di valutare lo stato attuale delle comunicazioni, onde prospettare gli interventi in relazione alle previsioni assunte. Vengono prospettate tre soluzioni alternative: due utilizzano, per quanto possibile, l'esistente e sarebbero in grado di assicurare, l'una, un livello di servizio D e, l'altra, un livello di servizio C, con un investimento, rispettivamente, di 253 e 293 miliardi di lire 1977; la terza, per assicurare un livello di servizio B, deve ricorrere ad un tracciato del tutto nuovo ed esige un investimento di 335 miliardi di lire 1977.

La proposta che offre un livello di servizio C, la quale, tra l'altro, consente il graduale adeguamento del canale stradale all'evoluzione del traffico e, quindi, il massimo scaglionamento nel tempo degli investimenti, ci pare la più adeguata: infatti, mentre assicura un livello di servizio sufficiente, utilizzando tratti della viabilità esistente consente di limitare l'introduzione di fattori sconvolgenti nella valle e crea le condizioni per una più agevole integrazione del sistema delle comunicazioni con l'attività economica della valle stessa.

Esiste un problema di tempi. Una progettazione ex novo e la successiva esecuzione comporterebbero un periodo di 6 anni e mezzo. Assunta una decisione di massima, questo tempo può e deve essere ridotto, cercando di far tesoro di tutto quanto è stato elaborato ed avviando progettazioni, per tratte, direttamente da parte dell'Anas, alla quale riteniamo debba essere affidata tutta l'operazione, senza ricorrere alla creazione di nuovi organismi: in ciò sta la garanzia di una azione coordinata che, nell'ambito di una scelta generale, sciogla i nodi più acuti ed urgenti — fra l'altro, quelli di Bussoleno e di Borgone di Susa — prima dell'apertura del traforo stradale.

La mole della spesa è tale da richiedere la sua ripartizione in più anni; in ogni caso, essa comporta un provvedimento legislativo nazionale specifico. Noi siamo per il non ricorso al pedaggio, oltre che per le ragioni generali che discendono da quanto precede, anche per il fatto che, così, si consentirebbe l'uso più corretto di tutta la viabilità; ma sappiamo che, qualora si pensasse al pedaggio, per ragioni più generali occorrerebbe farvi fronte con un provvedimento legislativo nazionale, da assumersi investendo il Parlamento e rimuovendo il divieto introdotto dalla legge 492 del 1975.

Quanto alle misure urgenti da realizzarsi prima dell'entrata in funzione del traforo stradale, in quanto capaci di risolvere le situazioni più gravi, proponiamo si metta mano, in modo coerente col piano generale di adeguamento, a quanto segue:

1. tronco dal piazzale del traforo stradale a Savoulx;
2. variante alla galleria di Pont Ventoux, dalla strada statale n 335 dir alla strada statale n 24;
3. galleria di Serre la Voute;
4. variante alla strada statale n 24, dalla progressiva 62,5 km alla progressiva 63,5 km (a monte di Chiomonte);
5. variante di Bussoleno, tra la strada statale n 25 e la strada statale n 24;
6. ristrutturazione del nodo di Borgone di Susa, per dare continuità alla strada statale n 24.

Si tratta di misure irrinunciabili; si tratta, anche, di misure compatibili con l'impegno fondamentale della politica nazionale, che, in un periodo di così acuta crisi, non può non essere quello dell'occupazione, in generale e particolarmente nel Mezzogiorno: infatti, l'investimento necessario ammonta all'ordine di grandezza di 43 miliardi di lire 1977.

Sante Bajardi

Vice Presidente della Giunta Regionale
ed Assessore ai Trasporti ed alla Viabilità

1. IL PROBLEMA, L'OBIETTIVO E L'IMPOSTAZIONE DELLO STUDIO

1.1. Il problema

Nell'intorno dell'anno 1980, entrerà in funzione il traforo stradale del Fréjus, punto di passaggio dotato di una capacità dell'ordine di 900 veicoli all'ora per senso di marcia.

A partire dall'entrata in funzione del traforo stradale del Fréjus, nuovi flussi di traffico si aggiungeranno a quelli che già insistono sulle comunicazioni stradali della valle di Susa.

L'impatto degli esistenti flussi di traffico sulle esistenti comunicazioni vallive genera un livello di servizio che è avvertito come insoddisfacente.

Naturalmente, con l'apertura del traforo stradale del Fréjus, se le comunicazioni vallive rimanessero come sono attualmente, la situazione sarebbe destinata a peggiorare.

Ne consegue che occorre intervenire sulle comunicazioni stradali della valle di Susa; inoltre, poiché, come già detto, l'apertura del traforo stradale del Fréjus avrà luogo nell'intorno dell'anno 1980, ne consegue anche che occorre intervenire con prontezza.

Si tratta di definire natura ed entità dell'intervento.

Scopo del presente studio è quello di predisporre gli elementi per consentire all'operatore pubblico di assumere una decisione fondata in ordine alla natura ed all'entità dell'intervento.

1.2. L'obiettivo ed i vincoli

L'obiettivo, assegnato al presente studio (1), è quello di individuare soluzioni — al problema delle comunicazioni stradali nella valle di Susa, in relazione all'apertura del traforo stradale del Fréjus —, dotate di differenti livelli di efficienza; soluzioni, tutte, subordinate ai seguenti vincoli:

1. non peggiorare ulteriormente la situazione idrogeologica della valle (2);
2. contenere quanto più è possibile l'investimento necessario, a questo scopo anche utilizzando al massimo l'esistente (in campo sia stradale sia ferroviario).

Inoltre, lo studio deve essere condotto in modo da associare ad ogni soluzione possibile vantaggi ed oneri, allo scopo di permettere all'operatore pubblico di assumere la necessaria decisione avendo presente il quadro di effetti che dalla stessa decisione consegue.

1.3. L'impostazione dello studio

1.3.1. Premessa

Per poter definire la struttura logica dello studio, occorre preliminarmente precisare:

1. Dalla Giunta regionale, nella persona dell'Assessore regionale ai trasporti. Tale obiettivo è stato sottoposto alla verifica più ampia nella conferenza regionale introduttiva al piano regionale dei trasporti, tenuta a Torino, nei giorni 17 e 18 giugno 1977. (Cfr.: Regione Piemonte, *Il piano dei trasporti in Piemonte. Obiettivi e linee di azione*, Eda, Torino, 1977).

2. Come è noto, la situazione idrogeologica della valle di Susa non è soddisfacente; anzi, è tale da richiedere — anche se non si introducono ulteriori manufatti stradali o d'altro tipo — la definizione di un piano di intervento per il suo risanamento. Lo studio per la definizione di tale piano non può trovare collocazione nell'ambito degli studi per la definizione di un piano di trasporti. E' però chiaro che, in un contesto del tipo sopra evidenziato, negli studi per la definizione di un piano di trasporti deve essere introdotta la condizione di non peggiorare la situazione idrogeologica del territorio trattato.

- a. le condizioni al contorno;
- b. un carattere del meccanismo di funzionamento del sistema allo studio, cioè dell'insieme costituito da un punto di passaggio e dai canali di accesso allo stesso (nel caso in oggetto: dell'insieme costituito dal traforo stradale del Fréjus e dalle comunicazioni di accesso allo stesso).

1.3.2. *Le condizioni al contorno*

Per quanto attiene alle condizioni al contorno, occorre dire che, anche se il traforo di cui si tratta è un traforo stradale, la riflessione non può limitarsi al movimento su strada. Solo eccezionalmente, un problema di trasporto può essere trattato facendo esclusivo riferimento ad un solo modo di trasporto; e quello in oggetto non è uno di tali casi eccezionali.

La valle di Susa è attraversata da una ferrovia di importanza internazionale: non si può escludere l'ipotesi che il traffico, che insiste sulla valle di Susa, si ripartisca tra il modo di trasporto per strada ed il modo di trasporto per ferrovia in funzione di molti fattori, e non si può certamente escludere che tra tali fattori siano da considerare le capacità dei relativi canali (e le condizioni che sugli stessi si determinano).

Nell'enunciata ipotesi consegue che il traffico che, nella valle di Susa, insisterà sulle comunicazioni stradali è, anche, funzione della capacità del canale ferroviario (3) (e delle condizioni che sullo stesso si determineranno); quindi, delle politiche che si condurranno con riferimento a tale canale ferroviario. Ne consegue, ancora, che gli interventi da compiere sulle comunicazioni stradali sono funzione degli interventi che si compiono sulla comunicazione ferroviaria; più in generale, la politica da condurre in ordine alle comunicazioni stradali della valle di Susa è funzione della politica che si intende condurre in ordine alla comunicazione ferroviaria (o, se si vuole, le due politiche vanno definite contestualmente). Si

3. E, in modo mediato, del sistema ferroviario in cui il detto canale è inserito. Di ciò nello studio si tiene conto, anche se qui, per semplicità, si fa riferimento solo al canale.

può, già qui, enunciare che — nel caso in oggetto — l'ipotesi prospettata ha trovato conferma; si può, anzi, aggiungere che — nel caso in oggetto — la dimensione del traffico stradale è risultata dipendere, in misura apprezzabile, dalla politica in campo ferroviario.

Come è noto, per completare il raddoppio della ferrovia occorre ancora costruire un tronco di 6 km, la cui assenza impedisce l'uso efficiente degli investimenti già effettuati in campo ferroviario: infatti, la capacità della linea, oggi di 86 treni al giorno, sarà, con il completamento del raddoppio, dell'ordine di 120-130 treni al giorno.

Attualmente, la linea ferroviaria, per consentire un efficiente livello di servizio per le persone, deve trascurare le merci (anche se, sia chiaro, il numero dei treni merci sulla linea è elevato). Ne consegue che, quando entrerà in funzione il traforo stradale, non essendo stato ancora completato il raddoppio della ferrovia, aliquote di merci, che pure opterebbero per la ferrovia, tenderanno a riversarsi sulle comunicazioni stradali (per altro, rendendo più difficile una situazione che, indubbiamente, sarebbe già difficile); se il raddoppio della ferrovia tarderà, tali aliquote di merci rischieranno di non tornare più alla ferrovia, poiché, col passare degli anni, saranno obbligate ad attrezzarsi per il trasporto su strada (ed è chiaro che gli investimenti, a quel punto compiuti, tenderanno ad imporre a quelle merci, pena la vanificazione degli investimenti stessi, di rimanere sulla strada).

E' questo il motivo per cui, in questo studio, è stata fatta l'assunzione del completamento del raddoppio della ferrovia quanto prima possibile; comunque, entro e non oltre l'anno 1983. Si tratta di una assunzione lecita; infatti, è tecnicamente possibile procedere al completamento del raddoppio della ferrovia entro l'epoca indicata.

Nello stesso quadro, si colloca l'assunzione dell'installazione del blocco automatico sulla ferrovia in oggetto entro gli anni ottanta; a seguito di tale installazione, la capacità della linea sarà dell'ordine di 180-190 treni al giorno.

Quelle che abbiamo enunciato sono le condizioni al contorno.

Non dovrebbe essere necessario dire che i risultati, che si ottengono, e gli interventi sulle comunicazioni stradali, che si definiscono, si esplicano in tale contesto.

1.3.3. *Un carattere del meccanismo di funzionamento del sistema allo studio*

Per quanto all'annunciato carattere del meccanismo di funzionamento dell'insieme costituito da un punto di passaggio e dai canali di accesso allo stesso, occorre dire che il traffico che insisterà sul traforo stradale del Fréjus è funzione, anche, della capacità dei canali stradali di accesso al traforo: in altre parole, al crescere della capacità dei canali di accesso (ovviamente, fino ad un certo limite) cresce il traffico al traforo (ovviamente, fino ad un certo limite). Da ciò discende la necessaria considerazione di un meccanismo logico del seguente tipo:

1. si apre il traforo stradale del Fréjus;
2. tale evento genera traffico, che investe i canali di accesso (e la dimensione di tale traffico è funzione, anche della capacità dei canali di accesso);
3. se il livello di servizio che si produce sui canali di accesso è insoddisfacente, si procede all'aumento della capacità dei canali di accesso;
4. tale evento fa aumentare il traffico al traforo e, quindi, sui canali di accesso;
5. a questo punto, si è di nuovo nella situazione di cui sub 3..

Come si vede, si tratta di un meccanismo che induce ad un processo cumulativo (il quale opererà, ovviamente, fino ad un certo limite, il quale però può essere situato anche molto in là).

Posto quanto sopra, la previsione del traffico al traforo (4) è funzione, anche, della capacità dei canali di accesso; in particolare, è funzione della capacità della comunicazione stradale di accesso nella valle di Susa.

Ne consegue che le previsioni del traffico al traforo devono essere elaborate facendo riferimento ad opportune ipotesi in ordine alla capacità delle comunicazioni di accesso al traforo stesso (5).

4. Per la verità, non solo la previsione del traffico al traforo; ma anche la previsione del traffico locale (per la nota relazione tra accessibilità e traffico). Ma, qui, è utile concentrare l'attenzione sul traffico che insiste sul traforo.

5. Naturalmente, le cose si pongono in modo analogo anche per il traffico lo-

1.3.4. *La struttura logica*

Precisate sia le condizioni al contorno sia un importante carattere del meccanismo di funzionamento del sistema, diventa possibile definire la struttura logica dello studio, secondo quanto segue:

- a. descrizione delle comunicazioni stradali (6) esistenti;
- b. analisi dell'impatto del traffico attuale sulle comunicazioni stradali esistenti: determinazione dei livelli di servizio attuali. Questa fase ha lo scopo di misurare la situazione attuale della circolazione sulle comunicazioni stradali della valle di Susa, condizioni che sono generalmente avvertite come insoddisfacenti;
- c. formazione di previsioni di traffico per un arco temporale tale da permettere di definire l'evoluzione del traffico stesso in relazione agli eventi già considerati [apertura del traforo stradale del Fréjus (1980); interventi sulla linea ferroviaria: completamento del raddoppio (1983); installazione del blocco automatico (1989)].

Per quanto precede, il traguardo finale dell'arco temporale di riferimento non può essere collocato prima dell'anno 1989. Per contro, è buona norma evitare di considerare periodi prospettici apprezzabilmente maggiori di un decennio. Ne consegue l'opportunità di assumere come traguardo finale lo stesso anno 1989.

Come è già stato detto, occorre avanzare ipotesi in ordine alla capacità dei canali di accesso; è sufficiente farlo limitatamente al canale di accesso situato sul versante italiano (7). Per quanto emerso in ordine al meccanismo di funzionamento del sistema, occorrerebbe contemplare un numero elevato di ipotesi. In via di prima istanza, appare sufficiente introdurne due: la prima corrisponde ad un ordine di grandezza della capacità che è del tipo di quello presentato dal canale stradale come è attualmente; la seconda ipotesi corrisponde ad un ordine di grandezza della

cale; ma, come si è già detto alla nota precedente, qui si è voluto concentrare l'attenzione sull'altra aliquota di traffico.

6. E, anche, ferroviarie.

7. Infatti, come è noto, per il versante francese, sono state decise misure tali da permettere di considerare — in questo studio — la capacità del canale di accesso sul versante italiano come l'unica variabile cui fare riferimento.

- capacità che è del tipo di quello che si potrebbe cominciare ad ottenere operando interventi di grande entità;
- d. analisi dell'impatto del traffico previsto sulle comunicazioni stradali esistenti (ovviamente, per quanto detto sub c., del traffico previsto con riferimento alla prima ipotesi): determinazione dei livelli di servizio conseguenti. Questa fase ha lo scopo di misurare la situazione della circolazione che si produrrebbe a seguito dell'apertura del traforo stradale del Fréjus, ove le comunicazioni stradali della valle di Susa rimanessero come sono attualmente. Se, come per altro è logico attendersi, il risultato è insoddisfacente, si procede secondo quanto sub e.;
 - e. definizione, sotto la condizione di non peggiorare la situazione idrogeologica, degli interventi capaci di far conseguire, sulle comunicazioni stradali della valle di Susa, livelli di servizio almeno non insoddisfacenti. Gli interventi vengono definiti, sempre, sotto l'ipotesi di essere quelli strettamente necessari: l'essere strettamente necessari implica il rispetto della condizione dell'uso massimo dell'esistente; e l'uso massimo dell'esistente implica sia l'uso dei tracciati esistenti, tutte le volte che ciò è possibile e conveniente, sia il dimensionamento dei nuovi tracciati, quando ne risulta necessaria l'introduzione, sotto il vincolo di contemporaneamente usare in modo efficiente le comunicazioni esistenti (in questo punto e., poiché gli interventi che occorre configurare sono sempre di grande entità, per quanto detto sub c. occorre adoperare il traffico previsto con riferimento alla seconda ipotesi previsiva);
 - f. articolazione temporale degli interventi che ne permetta la realizzazione a partire dalle misure più urgenti (ed eviti la formazione di situazioni negative dipendenti, proprio, dalla sequenza di misure adottata);
 - g. traduzione degli interventi in investimenti, in modo da poter associare ad ogni livello di servizio prefissato l'investimento necessario per realizzare l'intervento che permetta di conseguirlo.

Quanto sub g. evidenzia anche la struttura del risultato dello studio, che è costituito dalla associazione (tronco per tronco e, per

conseguenza, anche complessivamente) livelli di servizio conseguibili-investimenti necessari per conseguirli (a questo punto, non dovrebbe essere più necessario ricordare che: i tracciati sono definiti sotto il vincolo di non peggiorare la situazione idrogeologica, gli interventi sono definiti sotto il vincolo dell'uso massimo dell'esistente, gli investimenti (8) sono definiti sotto il vincolo di essere quelli strettamente necessari a conseguire il livello di servizio corrispondente; analogamente, non dovrebbe essere più necessario ricordare che: le previsioni sono state definite nell'ipotesi di operare sulla linea ferroviaria nei termini enunciati e, per conseguenza, sono valide in relazione a tale ipotesi).

Da tutto ciò discende che l'operatore pubblico disporrà di un ventaglio di soluzioni alternative, tra le quali scegliere la soluzione da adottare, sapendo che tali soluzioni alterantive:

1. sono coerenti con l'obiettivo che aveva enunciato ed i vincoli che aveva posto;
2. offrono differenti livelli di efficienza e richiedono differenti livelli di investimento.

Come è ovvio, il livello di efficienza da perseguire, non in astratto, ché allora la conclusione sarebbe ovvia, ma in rapporto alla complessiva situazione economica e sociale — e, dunque, in rapporto alla distribuzione delle risorse, ora scarsissime, tra i molti ed elevati bisogni — è un giudizio squisitamente politico: qui, pertanto, giunge a conclusione l'opera di ausilio alla formazione della decisione, che deve essere svolta dal tecnico, ed ha inizio l'ultima fase dell'opera del decisore politico.

8. Pur con il grado di precisione consentito dal carattere di questo studio.

2. IDROGEOMORFOLOGIA

2.1. Premessa

La idrogeomorfologia della valle di Susa, in questa sede, è stata affrontata ai fini dello studio dell'assetto delle comunicazioni stradali; pertanto, l'esame si è limitato a quella fascia della valle che può interessare i tracciati stradali od interferire con essi.

La valle, nella descrizione, viene percorsa da Torino al traforo; per sinistra e destra s'intendono quelle orografiche.

2.2. Morfologia

La valle di Susa presenta due morfologie ben differenziate: una data morfologia fino a Susa, una data altra morfologia tra Susa e Bardonecchia. A fini operativi, sembra però più utile suddividere la valle in tre tronchi morfologici, e cioè:

1. tronco da Avigliana a Susa;
2. tronco da Susa ad Oulx;
3. tronco da Oulx a Bardonecchia.

2.2.1. *Fino a Susa*

Misura circa 30 km, con una larghezza oscillante tra i 1.000 ed i 1.500 m. Il solco vallivo prende forma soltanto in corrispondenza di Sant'Ambrogio, a circa 4 km a monte di Avigliana, ove due grossi speroni rocciosi, la Torre del Colle, in sinistra, e la Sagra di San Michele, in destra, rinserrano la valle, distaccandola morfologicamente dalla pianura torinese, ed obbligano il fiume a una pronunciata curva verso sud-est, mentre la direzione generale di questo tratto è quasi interamente est ovest.

Avigliana si trova a 340 m e Susa a 500 m slm. Il gradiente di questa parte della valle è quindi dello 0,5 per cento. Il gradiente è assolutamente regolare per tutto il percorso.

Il fondovalle è pianeggiante, ricoperto dalle alluvioni ghiaiose della Dora Riparia ed i fianchi montani non sono regolari, ma rotti ed articolati su quinte rocciose, monticoli isolati, rientranze di affluenti, conoidi di deiezione ecc.. Ciò nonostante, esiste sempre una larghezza sufficiente di fondovalle pianeggiante, raramente inferiore ai 1.000 m, dove si sono potuti installare gli insediamenti artificiali: abitati, strade, ferrovie, canali ecc.. Infatti, i conoidi, per quanto numerosi e ben sviluppati, sono appiattiti e molte volte (a Villar Focchiardo, Bussoleno, Bruzolo ecc.) si confondono morfologicamente con la piana alluvionale della Dora Riparia.

Una caratteristica di primaria importanza, per questo tratto di valle, è rappresentata dall'esistenza in sponda destra, da Graverè-Meana fino a sud di Villar Focchiardo, di un allineamento di colline e di corrispondenti tronchi di valli sospese, indicando probabilmente una antica valle pure orientata est ovest, parallela e, nella parte finale, coincidente con la valle attuale. Questa morfologia presenta aspetti molto interessanti dal punto di vista operativo, come si discuterà più avanti.

Il tronco morfologico in oggetto termina a Susa, ove la confluenza della val Cenischia, dalla sinistra, ed i relitti della nominata paleo-valle del sud hanno creato una situazione caotica, individuabile nell'accozzaglia di monticelli e colline che sbarrano le valli, spianandosi a monte nella parte media, con forti dislivelli.

Una descrizione più dettagliata merita la zona di Mattie-Meana, a causa della sua complessità morfologica ed idrografica. Si tratta di una vasta area in destra della valle, la quale morfologicamente

può incominciare in corrispondenza di Gravere per terminare nell'area del comune di San Giorio di Susa, per una lunghezza totale di circa 12 km. Una antica valle, parallela in gran parte e coincidente nella parte finale, correva in quest'area, ad un livello di circa 200 m superiore all'attuale valle di Susa. Le vestigia di questa paleo-valle si possono oggi osservare: sono, sopra tutto, masse alluvionali sospese, grandi conoidi interni ed esterni (non meno di venti), masse moreniche estese e potenti, che accompagnano i solchi vallivi di evidente origine glaciale e pre-glaciale e si intersecano, e si confondono spesso, con le coltri alluvionali e con i detriti di falda. Evidentemente, fenomeni glaciali e fluvio-glaciali sono intervenuti a complicare la morfologia di questa fascia di terreno, preparando tra l'altro condizioni di drenaggio spesse volte anomale ed eccezionali. I fenomeni di cattura di un corso d'acqua, da parte di un altro corso d'acqua prossimo, non mancano. Si cita l'esempio dei due bacini del Gelassa e del Merdarello, che sono stati messi in diretta comunicazione da una cattura all'altezza dell'abitato di Armona. Gli affioramenti rocciosi, pure frequenti, sono sempre isolati, a macchie, tanto che il paesaggio rimane dominato dalle citate masse di materiali incoerenti. Ovviamente, tutti questi ammassi morenici, detritici ed alluvionali, senza trascurare gli affioramenti rocciosi spesso bene individuati morfologicamente, producono una topografia molto variata e frammentaria, alternandosi i solchi vallivi profondi con vallette e valloni, mentre il pendio montano, estremamente irregolare, è frequentemente interrotto da terrazze, fasce pianeggianti, monticoli ed elevazioni isolate. Da citare, oltre ai conoidi dei livelli più bassi, come quelli di Gravere, di San Giuliano, di Fornelli e di San Giorio (per non ricordare che i più importanti), anche il grande conoide interno di Mattie, formato dal rio Corrente, il cui piede si trova ad una quota di circa 730 m, cioè oltre 250 m al di sopra della quota attuale della valle della Dora Riparia. Questo conoide è, forse, la migliore testimonianza morfologica della complessità e dell'evoluzione di questa fascia di terreno.

2.2.2. *Da Susa ad Oulx*

Da Susa ad Oulx la valle misura poco più di 20 km. La larghezza del tratto è molto variabile, come estremamente variabile ed accidentale ne è la morfologia.

La direzione della valle è sud-ovest nord-est.

Da Susa, a quota 500 m s.l.m., si raggiunge Chiomonte, a quota dell'alveo della Dora Riparia 700 m s.l.m., con una distanza in linea retta di 6.000 m. Il gradiente della valle è in questo tratto, quindi, del 3,3 per cento. Da Chiomonte ad Exilles, su una distanza di 5.000 m, si raggiunge la quota di 830 m s.l.m. Il gradiente, in questo tratto, è dell'1,6 per cento. Da Exilles a Salbertrand, a quota 1.030 m s.l.m., per una distanza di 4.500 m, si superano 200 m di quota. Il gradiente è del 4,4 per cento. Infine, da Salbertrand ad Oulx, a quota 1.065 m s.l.m., c'è una distanza di 6.000 m. Il gradiente è qui, soltanto, dello 0,6 per cento, cioè la valle è sostanzialmente pianeggiante.

La suddivisione, che si è fatta per i gradienti, vale approssimativamente anche per le caratteristiche morfologiche di questo tratto della valle di Susa.

Tra Chiomonte e Susa prevale una morfologia dominata dalle colline e dai monticelli rocciosi isolati, che si estendono sopra i due fianchi della valle, innestandosi, in sinistra, con le alture intermedie della sponda destra della val Cenischia. Le alture isolate e la conseguente morfologia terminano all'incirca in corrispondenza di Gravere (in destra) e delle frazioni di San Giuseppe e San Giovanni di Giaglione (in sinistra), o anche alla confluenza dell'affluente di sinistra Clarea. In questo tratto, la Dora Riparia corre in un vallone stretto e roccioso, che assume la forma di una gola o canyon. Tra Exilles e Chiomonte il fiume corre sempre in una gola rocciosa, ma la valle gli si accompagna linearmente, priva ormai delle descritte formazioni residuali di colline e monticelli.

Poco a monte di Exilles, nella zona di morene glaciali di Champbon, la valle si apre in una varice, sbarrata a monte dallo sperone roccioso di Eclause, noto per il grande dissesto, conosciuto come frana di Serre la Voute. Dopo questo sperone, la valle si allarga definitivamente, con un fondovalle pianeggiante di 500-700 m di larghezza, e mantiene questa morfologia fin oltre Oulx; esistono

alcuni conoidi sulle due sponde ed il fiume divaga per la pianura, formando parecchi bracci isolati che serpeggiano nella coltre alluvionale.

La piana di Oulx, nella cui estremità occidentale la Dora Riparia e la Dora di Bardonecchia si congiungono, misura una larghezza massima di circa 1.500 m e si chiude, a sud, sulla stretta valle che porta a Cesana Torinese ed al colle del Monginevro, mentre ad ovest si restringe gradatamente verso Bardonecchia. E' probabile che lo spessore delle coltri alluvionali nella piana di Oulx sia molto grande.

2.2.3. *Da Oulx a Bardonecchia*

La lunghezza dell'alta valle, tra Oulx e Bardonecchia, è di circa 11 km. La sua direzione è ancora ovest est nella parte inferiore, mentre verso monte diviene nord-ovest sud-est, formando così un arco di cerchio, il cui raggio può misurare all'incirca 10 km.

Oulx si trova a 1.065 m slm, Bardonecchia a 1.250 m slm. Il gradiente di questa parte alta della valle è, quindi, dell'1,7 per cento, piuttosto uniforme e senza tratti accidentati.

All'incirca fino a Beaulard, cioè a 6 km da Oulx, il fondovalle mantiene una larghezza di circa 500 m, mentre a monte di questa località si restringe, assumendo il tipico profilo a V fino alla conca di Bardonecchia, che si apre tra morene glaciali ed è occupata da ampi conoidi appiattiti ed attraversati dai vari affluenti che qui convergono a formare la Dora di Bardonecchia: Melezet, Rho, Merdovine e Rochemolles. Questa confluenza plurima fa sì che, nella conca di Bardonecchia, la coltre alluvionale, aggiunta ai residui morenici, sia piuttosto importante.

2.3. Geologia

2.3.1. *Le rocce*

La valle attraversa una sequenza sedimentario-metamorfica con orizzonti che vanno dal Trias al Giurassico. Non mancano le rocce ignee a livello eruttivo. Il grado di metamorfismo è sensibile.

Incominciando da valle si trova l'appendice meridionale della massa regionale di rocce eruttivo-metamorfiche, più sviluppata al nord: serpentini ecc.. Queste rocce si affacciano sulle due sponde della valle, nella sua propria entrata, formando tra l'altro i corpi dei due citati speroni di Torre del Colle e della Sagra di San Michele. Si tratta di rocce piuttosto plastiche e massicce, che hanno sofferto forti piegamenti generali e locali, ma la cui foliazione non è molto pronunciata.

A monte di Condove (sinistra) e Chiusa di San Michele (destra), affiora un potente massiccio di rocce pretriasche metamorfiche, costituite da gneiss tabulari, da ghiandoni porfiroidi e da rocce metamorfico-cristalline in genere. Sono rocce massicce, compatte, ma con forte orientamento, e, quindi, con spiccata scistosità e foliazione, anche se per grandi blocchi e lungo piani ben individuati.

Le rocce sopradette terminano poco a monte di Villar Focchiardo, per lasciar luogo agli altri complessi rocciosi, che continuano alternandosi fino ai monti di Bardonecchia. Si tratta di tre complessi sedimentario-metamorfici, come qui di seguito esposto:

- a. gneiss minuti spesso prasinitici e micascisti; età Trias e Giura;
- b. calcescisti e filladi carbonioso-grafitiche, includendo banchi e lenti di calcare cristallino; età Trias e Giura;
- c. calcari cristallini e marmi; calcari dolomitici e dolomie, includendo calcescisti e gessi; età Trias medio e superiore.

Le rocce di cui sub c. affiorano in sinistra nella zona di Bussole-no ed in destra nella zona di Meana, nella bassa valle. Ricompaiono in masse imponenti nella zona di Oulx (sinistra) e sono, infine, in maggioranza nei monti a ovest di Bardonecchia (valle Stretta).

Le rocce di cui sub b. occupano, praticamente, tutta la sponda destra della valle, da Bardonecchia fino a Meana, e tutta la zona di Bardonecchia a nord a sud e ad est.

Le rocce di cui sub a. presentano imponenti affioramenti in destra della bassa valle, tra Meana e Villar Focchiardo, e in sinistra della media valle, da poco a valle di Oulx fino all'altezza di Chio-monte.

Le rocce di cui sub c. (calcari e dolomie) sono massicce, poco stratificate, con evidenti fenomeni di carsismo per lo meno superficiale, che si disgregano facilmente, formando abbondante detrito.

Le rocce di cui sub b. (calcescisti e filladi) sono molto laminate, poco coerenti, con forte tendenza superficiale allo sfaldamento ed allo scivolamento di masse intere quando la struttura si trova a franapoggio.

Le rocce di cui sub a. (gneiss) sono rocce pure laminate, ma di maggior resistenza e compattezza delle precedenti. L'inclusione di micascisti contribuisce, però, a un indebolimento generale ed a una maggior resistenza all'alterazione da parte di agenti meteorici.

Nell'insieme quindi, e dal punto di vista operativo, le rocce della valle di Susa appartengono quasi per intero a una sequenza sedimentario-metamorfica, di stratificazione, scistosità, foliazione generalmente accentuata e nella quale perciò i problemi di stabilità possono divenire di grande importanza. Si aggiunga la presenza, dentro una gran parte di queste rocce, di strati carboniosi, grafitosi, sericitici, talcosi e gessosi, tutti materiali che possono assumere il ruolo di lubrificanti, ogni qualvolta se ne presenti l'occasione nei casi di instabilità.

2.3.2. *I materiali incoerenti*

Particolare importanza dal punto di vista operativo assumono i materiali incoerenti, presenti nella valle di Susa in masse frequentemente imponenti e, quindi, di grande interesse per la costruzione.

Si tratta di coltri alluvionali, conoidi di deiezione, morene glaciali e detriti di falda vari.

Coltri alluvionali. Tutta la parte bassa della valle, da Susa fino alla pianura torinese, possiede un fondovalle pianeggiante, occupato da una coltre alluvionale. La composizione di questa coltre è la solita: ghiaia e sabbia di differente granulometria. Lo spessore è scono-

sciuto, ma certamente di vari metri ed in qualche località anche di decine di metri. Ovviamente, lo spessore sarà in aumento verso il basso.

La coltre alluvionale, in tutto simile a quella della bassa valle, si estende anche nella parte inferiore dell'alta valle, tra Beaulard ed Oulx, e nella parte media, tra Oulx e Salbertrand; è particolarmente imponente nella conca di Oulx, alla confluenza della Dora Riparia e della Dora di Bardonecchia.

In parecchi punti lungo la valle, la coltre alluvionale della Dora Riparia è sfruttata come cava di inerti per calcestruzzo, a volte con sensibili danni per la stabilità del suo letto.

Conoidi di deiezione. Conoidi, installati alla foce degli affluenti della Dora Riparia, si trovano sparsi lungo la valle, da Bardonecchia fino all'uscita nella pianura torinese. Sono, però, più numerosi e sviluppati nella parte bassa; ciò si spiega con la maggiore ampiezza ed il maggior sviluppo della valle in detto tratto.

Il materiale, che forma questi conoidi, può essere sia alluvionale sia eluviale e, quindi, la sua granulometria è più varia di quella delle alluvioni di fondovalle. I grandi conoidi, specialmente nella parte bassa della valle, sono generalmente molto appiattiti nel senso trasversale, tanto che alle volte si confondono, nel rilievo, con la stessa pianura del fondovalle e non introducono, quindi, forti alterazioni morfologiche.

La stessa natura dei conoidi rende queste formazioni sempre in stato di evoluzione, tanto nelle parti alte, prossime al vertice, quanto al piede, vicino al fondovalle. Questa caratteristica rende i conoidi particolarmente importanti dal punto di vista della stabilità delle zone da essi occupate e, quindi, delle eventuali comunicazioni stradali che dovessero attraversarli.

Si rende, perciò, necessaria una descrizione particolareggiata di queste formazioni.

Per quanto riguarda l'alta e media valle, si nota quanto segue.

La conca di Bardonecchia è occupata da vari conoidi che arrivano a sovrapporsi, dei quali i due principali sono quelli formati dai due torrenti finitimi del Rho e del Fréjus. La sezione trasversale di questi due conoidi misura circa 1.500 m.

A Royeres vi è il conoide del rio Perilleux, i cui apporti alluvio-

nali sono ricchi di trasporto collido; le esondazioni dal letto, ormai pensile, hanno più volte invaso terreni ed interrotto la strada.

A Beaulard, sulla destra della valle, esistono alcuni piccoli conoidi di poca importanza.

Nella zona di Savoulx, in sinistra, ci sono almeno tre conoidi individuabili, dei quali il maggiore, formato dal torrente Costans, misura circa 1.000 m di fronte ed arriva fino a contatto della linea ferroviaria.

A Gad, in destra, un conoide di circa 1.000 m di fronte è formato dal vallone che scende ad est di Sauze d'Oulx.

A Salbertrand, due conoidi si trovano di fronte, nelle due sponde della valle, e presentano un fronte di circa 800-1.000 m. Il conoide della destra è confinante con la zona in dissesto, indicata come la frana di Cassas (cfr.: 2.5.1).

A Gravere, in destra, tre grandi conoidi, congiunti perifericamente, presentano un fronte totale di circa 2.500 m. Essi sono attraversati dalla strada e dalla ferrovia.

Per quanto riguarda la bassa valle, si nota quanto segue.

In sponda destra: sotto Meana, poco a valle di Susa, esiste il grande conoide di Traduerivi-Rodetti-Garelli, formato dal torrente Scaglione, con un fronte di circa 2.000 m ed una estensione longitudinale di circa 1.500 m.

Più a valle, si trova il conoide di Prapontin, il quale in realtà è piuttosto un assembramento di vari conoidi, dei quali il maggiore, formato dal torrente Gerardo, misura frontalmente circa 2.500 m, arrivando ad interessare larghi tratti di strade locali.

Un conoide in posizione anomala è quello di Mattie, ad est di Meana, il quale si trova rinchiuso fra le alture marginali della sponda destra di questa parte della bassa valle e testimonia dell'esistenza, nei passati tempi geologici, di un solco vallivo in questa direttrice (come si è già detto in 2.2.1). Questo grande conoide presenta un fronte di oltre 2.500 m.

Tra Prapontin e Villar Focchiardo, si trovano alcuni piccoli conoidi di poca importanza, mentre nella località indicata per ultimo, esiste il conoide più grande di tutta la valle di Susa, quello formato dal torrente Gravio di Villar Focchiardo e dal suo affluen-

te Frangerello. Misura oltre 3.000 m di fronte ed interessa la strada di fondovalle (SS n 24).

A valle di Villar Focchiardo, non esistono formazioni di questo tipo che possano presentare un interesse pratico.

In sponda sinistra: il conoide di Foresto, formato dal torrente Rocciamelone, presenta un fronte di circa 1.500 m.

Il conoide di Grange, formato dal torrente Moletta, presenta un fronte, pure, di circa 1.500 m. Su di esso si trova installata una parte dell'abitato di Bussoleno.

Un'altra formazione, sulla quale si trova installata la parte più orientale dell'abitato di Bussoleno, è il conoide omonimo, formato dal torrente Prebec, che misura nel fronte circa 1.800 m.

Più a valle, si trova il conoide di Bruzolo, formato dal torrente Pissaglio, con un fronte di circa 2.000 m.

A valle di Bruzolo, si trova soltanto il conoide di Condove, formato dal torrente Gravio, con un fronte di circa 1.000 m, il quale però, se si aggiunge una serie di piccoli conoidi allineati verso monte, può essere valutato intorno ai 3.500 m in totale.

Morene glaciali. Le tracce dell'ultima glaciazione (Wurm) sono diffuse nella valle. Gli ammassi morenici, costituiti, come è noto, da massi erratici, materiali grossolani non arrotondati, pietrisco, sabbia, limo ed argilla, sono particolarmente imponenti nella bassa valle. La pianura torinese, nel settore che rappresenta l'avanpaese della valle di Susa, ne è ricoperta. Essi all'interno della valle, si alternano con affioramenti rocciosi e sono potenti e diffusi specialmente nella zona di Meana sopra Susa, Chiomonte e Giaglione. Sono, anche, presenti sulle alture in destra nella zona di Oulx ed occupano, praticamente, tutta la parte bassa e finale dei diversi affluenti che concorrono a formare la conca di Bardonecchia.

Il materiale, che costituisce le morene glaciali, è molto eterogeneo e non classificato. La sua età recente non ha permesso processi di diagenesi, cementazione ecc., per cui può rappresentare un pericolo per la stabilità dei pendii.

Detriti di falda vari. Importanti sono specialmente i detriti di falda, i quali, data la natura della regione, si congiungono facilmente, da una parte, con le morene glaciali e, dall'altra, con i conoidi o,

addirittura, con le alluvioni di fondovalle.

I detriti di falda sono sovente grossolani, essendosi formati a spese della disgregazione delle rocce soprastanti o del disfacimento degli ammassi morenici.

Il suolo vegetale è invece, in genere, sottile e frammentario, salvo là dove la valle pianeggiante o piccoli altipiani, conchiusi tra elevazioni isolate, permettono l'accumulo indisturbato dei materiali più fini. Così, strati importanti di suolo si trovano sul fondovalle della parte bassa, fino a Susa, come sulle alture isolate della destra della valle, tra Villar Focchiardo, Meana e Chiomonte.

Sui pendii delle parti più ripide della valle, dove non affiorano le rocce, lo strato di suolo è solo di qualche decina di centimetri.

2.4. Assetto idrogeologico

2.4.1. *Le forme del drenaggio*

La Dora Riparia rappresenta il collettore generale di tutte le acque che scorrono nel territorio della valle di Susa. Originatasi nelle valli intorno al Monginevro, la Dora Riparia entra, nella valle di Susa, ad Oulx, dove riceve un importante affluente di sinistra, la Dora di Bardonecchia; poco a valle di Susa, riceve l'altro grande affluente, sempre dalla sinistra, il Cenischia, che procede dal Moncenisio; quindi, raggiunge la pianura torinese senza più ricevere grandi affluenti.

Scarsi sono gli accidenti di origine puramente litologica (masse di rocce dure, intrusioni, rocce permeabili ecc.) che alterano il corso della Dora Riparia e dei suoi affluenti. Questi, se si eccettuano i due citati fiumi affluenti dalla sinistra, sono tutti piccoli corsi d'acqua a regime torrentizio, disposti normalmente alla valle principale, con una certa simmetria sulle due sponde.

Le perturbazioni dell'impianto del drenaggio, come si è descritto, sono rare e corrispondono ai nodi morfologici dove si innestano gli affluenti o si formano le grandi valli: conca di Bardonecchia, conca di Oulx, zona di Susa.

A Bardonecchia, gli affluenti, notevolmente simmetrici, si concentrano nella conca omonima, interessando un arco di cerchio di

180 gradi. Essi sono: il Melezet, il Rho, il Merdovine ed il Rochemolles. L'uniformità geologica (calcescisti, calcari e dolomie) contribuisce all'uniformità dei solchi di erosione. Un aspetto interessante dell'idrografia della conca di Bardonecchia è rappresentato dalla forma secondo la quale i vari affluenti confluiscono: essi contornano od attraversano marginalmente la piana, che occupa la conca, e confluiscono, quindi, perifericamente alla stessa.

La Dora Riparia, che dalla valle di Cesana esce nella piana di Oulx, sembra aver spinto la Dora di Bardonecchia contro il pendio montano della sinistra della valle, e contro quello stesso pendio il corso d'acqua continua dopo la confluenza e fino a Pont Ventoux. Di qui il fiume serpeggia nell'ampio fondovalle e forma parecchi bracci con isole ed isolette, tutte scavate nel materasso alluvionale. Il fiume continua con questa morfologia fino alla stretta, circa 1.500 m a valle di Salbertrand, dove si protende, dalla sinistra, lo sperone franoso di Eclause (frana di Serre la Voute). Dopo lo sperone, il fiume trova un letto ampio nella varice di Champbons, dopo la quale si mette definitivamente nella gola rocciosa che non lascerà più fino a Susa.

Nella parte bassa della valle, la Dora Riparia corre agevolmente sulle ghiaie dello spesso manto alluvionale e non incontra nessun ostacolo che ne obblighi o modifichi il corso, salvo nella parte finale, prima di uscire nella piana torinese, quando lo sperone di Torre del Colle, sulla sinistra, la obbliga ad una brusca curva verso sud.

Per quanto di gradienti differenti (cfr.: 2.2.1, 2.2.2, 2.2.3), il profilo della Dora Riparia non subisce brusche variazioni; non esistono cascate, ed anche nei tratti più ripidi il pendio è sempre uniforme.

Come si è detto, gli affluenti (escludendo i maggiori) sono tutti a carattere torrentizio e montano. Il loro apporto in materiale solido è importante ed a volte imponente, contribuendo ai dissesti di fondovalle. Nei periodi di piene eccezionali, questi torrenti, che sfociano molte volte attraverso un conoide da essi stessi formato, tornano ad intaccare il conoide stesso e lo ritagliano con profondi solchi, rimettendo in motograndi masse di materiali eluvio-alluvionali.

In effetti, gli affluenti della Dora Riparia, sia di destra sia di

sinistra, superano forti dislivelli, nell'ordine dei 2-3 km nelle parti alta e media, e di 5-6 km nella parte bassa della valle. I terreni, percorsi da questi corsi d'acqua, sono, specialmente nei livelli superiori, ove l'erosione è in continua attività, ingombrati da grandi masse di detriti. Nelle stagioni di maggior deflusso, è facile la formazione di accumuli di materiali sciolti, fini e grossolani, e di conseguenti eventi alluvionali. I periodi dell'anno più pericolosi, per le piene dei torrenti, sono la primavera e l'autunno.

Gli eventi alluvionali, legati ai piccoli corsi d'acqua, interessano specialmente la viabilità secondaria ed i relativi raccordi con la viabilità principale di fondovalle. Talora, però, le alluvioni torrentizie arrivano a scatenare fenomeni di più vaste proporzioni nei livelli inferiori. Infatti, in valle di Susa, nella parte media e bassa, si sono verificati negli ultimi periodi almeno tre eventi alluvionali di una certa gravità, uno dei quali, nel 1957, ha rimesso in moto l'antica frana di Serre la Voute (cfr.: 2.5.1).

La contribuzione glaciale è scarsa e limitata al vallone di Rochemolles, che sbocca a Bardonecchia, ed ai torrenti della sinistra della parte media della valle, tra Salbertrand e Chiomonte, come il Galambra, e, infine, alla val Cenischia.

I laghi naturali sono scarsi. Il lago del Moncenisio si trova in territorio francese, ma idrograficamente appartiene alla valle di Susa. Nella parte alta del vallone di Rochemolles, esiste un piccolo lago artificiale dallo stesso nome, a quota 1980 m slm. Nella parte bassa finale della valle, nella grande depressione meridionale, esistono i due laghi di Avigliana.

Nell'insieme, il drenaggio dei monti della valle di Susa è sempre buono e senza anomalie: non esistono ampie zone paludose, torbiere e simili.

2.4.2. *Le acque sotterranee*

Falde freatiche isolate e sospese sono sicuramente presenti nelle piccole valli degli affluenti delle due sponde, ma data la topografia ed il rilievo, che non concedono ampi spazi pianeggianti, sono di importanza irrilevante.

La falda di fondovalle è, invece, presente e sicuramente ricca

nelle conche delle principali confluenze, come Bardonecchia, Oulx e Susa, e nei tratti pianeggianti ricoperti da materiali alluvionali, nella parte media della valle, tra Oulx e Salbertrand, e, naturalmente, nella parte bassa della valle. La profondità della falda, nei suddetti tratti, si può prevedere a pochi metri dalla superficie del terreno ed addirittura, in certi tratti depressi, sarà affiorante. I grandi conoidi rinchiudono, pure, ricche falde freatiche, ovviamente a profondità maggiori.

Essendo limitate ai solchi vallivi principali ed alle loro varici, le acque sotterranee non rivestono grande importanza dal punto di vista operativo.

2.4.3. *Erosione e deposizione*

In linea generale, ed in termini di evoluzione geomorfologica, si può dire che tutta la valle di Susa, dalle sue origini fino alla pianura torinese, è in fase di erosione e denudazione, piú accentuata a monte e decrescente nella parte bassa. Questo si deduce, innanzitutto, dal profilo altimetrico della valle che ancora all'uscita nella pianura, nella zona di Avigliana, si trova intorno ai 350 m slm (Torino, a una quindicina di km a valle di Avigliana, si trova alla quota 250 m slm).

Le rocce presenti nella valle, generalmente poco consistenti e facilmente disgregabili e degradabili, contribuiscono fortemente al processo di denudazione, specialmente rilevante nell'alta valle; a questo stesso processo contribuiscono, ancora di piú, le masse di materiali incoerenti descritte nei precedenti punti: morene glaciali, alluvioni ecc..

Al di fuori del quadro generale dei processi di denudazione e di erosione, si possono nominare i fenomeni erosivi eccezionali, come quelli provocati dalle grandi piene, da smottamenti, frane, ecc.. Particolarmente interessate da questi fatti eccezionali sono le masse moreniche, i conoidi fluviali e tutte le formazioni di materiale sciolto, in genere. Conoidi in formazione od in distruzione, frane attive, denudazioni rapide (calanchi) ecc. non si osservano, almeno nei livelli inferiori dei solchi vallivi. Qualche eccezione sarà descritta in 4.

Processi erosivi rapidi e violenti, e conseguenti deposizioni ed

accumuli, sono confinati ai livelli superiori, in ambiente alpino, ove la mancanza di vegetazione, l'escursione della temperatura, le valanghe ecc., sono tutti fattori attivi nel dinamismo idromorfologico.

Naturalmente, come si è già fatto notare, i processi erosivi dei livelli alti possono giungere ad interessare, quando sono quantitativamente consistenti, i livelli inferiori e, perfino, il fondovalle. Si è già detto dei conoidi intaccati dallo stesso torrente che li ha formati (vicinanze di Bussoleno, Condove, Villar Focchiardo ecc.), ma evidentemente la situazione, verificatasi nei suddetti conoidi, si può ripetere, e si è sicuramente ripetuta, negli altri conoidi o, comunque, nelle zone di confluenza dei torrenti con la Dora Riparia, specialmente nella parte bassa della valle, ove l'azione idrodinamica dei torrenti in piena si coniuga con quella del fiume principale.

2.5. Stabilità dei pendii

2.5.1. *Situazione attuale*

Le zone attualmente in dissesto, nei livelli inferiori della valle, attive od anche in fase di quiescenza e senescenza, si possono descrivere come qui di seguito.

Fino a Susa. Le zone di dissesto attuale (e, anche, potenziale), in questa parte della valle di Susa, si possono generalmente identificare con i conoidi, i quali, come descritti in 2.3.2, rappresentano tutti, quale più quale meno, zone di instabilità. Si trovano, infatti, tutti in uno stadio evolutivo, il che significa, da un lato, dissesto per erosione e scavo di solchi longitudinali da parte di fenomeni alluvionali, e, dall'altro, nuove accumulazioni, specialmente nei livelli inferiori del conoide stesso come pure al suo vertice, da parte degli stessi fenomeni alluvionali.

I principali conoidi, identificabili come zone di scarsa stabilità, si possono così enumerare:

in sponda sinistra: Foresto, formato dal torrente Rocciamelone;
Grange, formato dal torrente Moletta;

Bussoleno, formato dal torrente Prebec;
 Bruzolo, formato dal torrente Pissaglio;
 Condove, formato dal torrente Gravio;
 in sponda destra: Traduerivi-Rodetti-Garelli, formato dal torrente Scaglione;
 Mattie, formato dal torrente Corrente;
 Prapontin, formato dal torrente Gerardo;
 Villar Focchiardo, formato dal torrente Gravio di Villar Focchiardo e dal suo affluente torrente Frangerello.

Altri conoidi minori e quindi meno importanti dal punto di vista della stabilità, si possono osservare in altre zone, specialmente numerosi in sponda destra, in corrispondenza del territorio del comune di San Giorio.

Da Susa a Bardonecchia. I dissesti a monte di Susa presentano caratteristiche diverse. Esistono ancora alcuni piccoli conoidi in destra, tra Gravere e Chiomonte, ma questo fenomeno non si ripete più a monte, se si eccettua la conca di Bardonecchia, ove peraltro i conoidi, oltre ad essere sensibilmente più stabili e morfologicamente meno evidenziati, si trovano anche ad occidente della zona di interesse operativo. Piccoli conoidi si notano, anche, presso Royeres, Beaulard, Savoulx, Gad e Salbertrand.

Più importanti sono, invece, i dissesti nella parte media della valle, di origine tettonica o comunque franosa. Si tratta di due zone di grande estensione, una in destra, nota come frana di Casas, ed una in sinistra, nota come frana di Serre la Voute.

La frana di Cassas rappresenta la parte visibile di un grande dissesto che interessa un tratto della sponda destra della media valle, tra un vallone che sfocia poco a monte di Salbertrand ed un altro vallone che sfocia in faccia a Exilles. L'estensione alla base di questo dissesto è di circa 5 km, rappresentando un triangolo il cui vertice si può collocare tra la Testa di Mottas e la Testa dell'Assietta. E' probabile che il dissesto rappresenti l'effetto di superficie di una faglia regionale, di orientamento sud-est nord-ovest, normale quindi alla valle, e che continua perciò nell'opposta e simmetrica zona di dissesto di Serre la Voute. Per quel che riguarda la parte visibile di questo dissesto, quella più a monte, vicino a Salbertrand,

si può dire che essa interessa un dislivello di circa 800 m. Masse rocciose di superficie (calcescisti) e masse moreniche sono coinvolte in un vasto fenomeno di franamento-smottamento, che ha disturbato tutto il fianco della montagna. Grandi massi rocciosi sono giunti fino al fondovalle. Strappi e scollamenti sono visibili anche nelle aree vicine, sullo stesso fianco della montagna, indicando che i movimenti abbracciano una ben più vasta superficie e continuano anche attualmente.

La frana di Serre la Voute si trova, come detto, sulla sponda sinistra, poco a valle di Salbertrand. Si tratta di un antico movimento franoso di origine tettonica, quindi profonda, che si è riattivato a varie riprese, l'ultima delle quali nel 1957, quando la sede stradale è stata dissestata per una lunghezza di circa 600 m. Sondaggi, a suo tempo condotti dall'Anas, hanno indicato una massa detritica, dapprima ad elementi fini, poi più grossolani, per una profondità che oltrepassa sicuramente i trenta metri. Per la sua estensione (probabilmente, più di 1 km^2), per lo spessore dei materiali rimossi e per l'origine profonda, la frana di Serre la Voute rappresenta il dissesto più importante di tutta la valle di Susa ai fini della viabilità. Qualunque tipo di comunicazione stradale la deve evitare. Il modo di evitarla potrebbe essere quello di ricorrere ad una galleria, ma in questo caso devono essere effettuati sondaggi profondi e scavati cunicoli per accertare il piano di scorrimento della frana, onde arrivare ad interessare, con la galleria stradale, le assisi rocciose profonde (gneiss), immuni da movimenti franosi.

All'infuori delle zone descritte, non si osservano altre zone instabili vistose. La vegetazione è ricca, specialmente nella bassa e media valle, e non offre aspetti che possano significare disturbo del terreno, per frane, smottamenti e fenomeni del genere. Dove esistono affioramenti rocciosi, questi sono sovente tagliati a picco, ma rimangono compatti e non formano detriti al loro piede. Questo aspetto è bene evidente nella destra dell'alta valle, tra Bardonecchia e Beaulard, ove grossi speroni rocciosi verticali (calcestisti) fiancheggiano il fiume e mostrano superfici ossidate e compatte, immuni da lacerazioni.

2.5.2. *Instabilità potenziale*

La situazione, che si è descritta in 2.5.1, riguarda le condizioni naturali dei pendii, senza l'interferenza di opere artificiali oppure ove l'interferenza è avvenuta da molto tempo e le condizioni hanno avuto il tempo di riequilibrarsi.

Nuove interferenze, specialmente riferite alla costruzione di grandi strade, provocheranno nuove situazioni e, in qualche caso, dissesti anche importanti. Dissesti potenziali si possono prendere in considerazione in due differenti tipi di terreno: i terreni rocciosi, i terreni di materiale sciolto.

Dissesti in terreni rocciosi. I possibili dissesti in terreni rocciosi, provocati dall'intervento umano specialmente nella costruzione di comunicazioni stradali, sono strettamente legati alla struttura e microstruttura delle rocce interessate. La valle di Susa, da un punto di vista operativo, si può considerare scavata tra terreni interamente metamorfici, anche se di differente composizione mineralogica, la cui caratteristica strutturale principale si identifica con l'elevato grado di scistosità. A questo aspetto, si può aggiungere una caratteristica mineralogica pure molto diffusa, anche se non comune a tutte le formazioni: la presenza, cioè, dell'elemento carbonioso, grafitoso, talcoso, sericitico e gessoso. Questo elemento rappresenta un contributo alla potenzialità dei pacchi rocciosi che, una volta mossi lungo i piani strutturali della scistosità, stratificazione o foliazione, trovano nei minerali suddetti un lubrificante che ne favorisce lo scorrimento.

Nella progettazione di opere, che prevedono importanti tagli nei fianchi della valle, sarà innanzitutto da tener presente: la struttura del masso roccioso, evitando tagli in strutture a franapoggio; la microstruttura, onde evitare zone di frantumazione e degradazione meccanica della roccia; infine, la presenza dei minerali lubrificanti, come quelli sopra nominati.

Dissesti in terreni di materiale sciolto. I terreni di materiale sciolto, come detto in 2.2, sono costituiti da alluvioni fluviali, conoidi di deiezione, morene glaciali e detriti vari.

Difficile risulta stabilire a priori il grado di compattezza di cia-

scuno di questi materiali; grado dal quale dipende la loro stabilità ed i parametri geotecnici che ad essa concorrono.

I materiali meno compatti sono, ovviamente, rappresentati dalle alluvioni attuali, continuamente rimaneggiate dai corsi d'acqua durante le differenti stagioni. Questi materiali occupano, comunque, soltanto i fondovalle principali ed eventuali interventi si verificheranno in zone pianeggianti ove i problemi costruttivi saranno piuttosto rivolti verso le caratteristiche delle fondazioni (viadotti, ponti ecc.). I conoidi sono di più antica formazione e, in genere, abbastanza assestati. Il loro grado di compattezza è superiore a quello delle ghiaie e sabbie attuali. La loro situazione topografica, d'altra parte, può indurre a tagli notevoli nel loro corpo, e qui l'angolo di riposo dei materiali, in condizione satura, dovrà essere accertato con cura. La granulometria del materiale, che costituisce i conoidi stessi, dovrebbe essere abbastanza uniforme, per cui il suddetto angolo potrà essere stabilito con una certa sicurezza. Nei conoidi più appiattiti, ove la falda freatica si trova vicino alla superficie, si terrà presente la necessità di drenare convenientemente.

Le morene glaciali presentano, rispetto ai conoidi, un aspetto più negativo: l'eterogeneità litologica e granulometrica dei materiali. Il ghiacciaio, come corpo solido, invece di contribuire a classificare i materiali che trasporta, contribuisce a disperderli ed a mescolarli senza riguardo alla loro granulometria. L'angolo di riposo di questi materiali sarà più difficile da stabilire e grossi massi potranno sempre staccarsi dai pendii, tagliati artificialmente, e produrre frane locali.

Si può ricordare qui che, nella zona di Chiomonte, ove si sta raddoppiando la linea ferroviaria internazionale, si stanno scavando gallerie, i cui portali, e perfino lunghi tratti iniziali, attraversano morene. La compattezza del materiale appare buona, e, adottando adeguati metodi di scavo in materiale sciolto, non si dovrebbero verificare in detti tratti morenici difficoltà insormontabili.

Concludendo, in merito alle morene glaciali si può dire che soltanto l'osservazione di dettaglio, caso per caso, può offrire dati attendibili circa la possibile instabilità dei pendii artificiali ed indicare l'angolo di riposo da assegnare alle masse attraversate dalle opere stradali.

Per i detriti non esistono speciali raccomandazioni, anche dato che il loro spessore, come già fatto notare, non è mai notevole. Eterogenei nella granulometria se non nella composizione litologica, essi saranno trattati con gli stessi metodi delle morene glaciali.

2.6. Cenni di ecologia

Ci si limiterà ad alcuni cenni in ordine alla flora, all'agricoltura e all'insediamento umano nella valle, trascurando altri aspetti, come fauna, clima ecc., che non rivestono importanza in relazione con i possibili tracciati delle comunicazioni viarie.

La valle di Susa può essere ecologicamente divisa in due parti, che corrispondono alla bassa valle ed alla media ed alta valle.

La bassa valle (cioè, fino a Susa) presenta caratteri di valle subalpina, per la più gran parte priva ormai, sopra tutto lungo il fondovalle, della vegetazione originaria e ricca di insediamenti umani, agricoli ed industriali, e di infrastrutture.

L'attuale vegetazione arborea, non coltivata o semicultivata, è costituita da boschi di castagni e di altre latifoglie, che raggiungono quote di poco inferiori ai 1.000 m slm. Oltre queste quote, si riconoscono frequentemente lembi apprezzabili di foreste originarie di conifere.

L'insediamento agricolo è di carattere misto, e ciò in relazione al frazionamento della proprietà, osservandosi sopra tutto campi di cereali, ortaggi, vigneti e frutteti. Nella parte pianeggiante della valle e nelle prime pendici, numerosi sono i prati da taglio e le macchie di bosco residuo.

Strettamente misto con l'aspetto agricolo, come accade in molte valli subalpine, è l'attività industriale, con cotonifici, fonderie, segherie, cave e taglierie di pietra ecc.. Conseguentemente, la rete delle comunicazioni è già fitta ed a volte intricata, comprendendo due strade statali, la n 24 e la n 25, parecchie strade provinciali, comunali ecc., con tronchi, raccordi e passaggi di varia natura. A ciò si deve aggiungere la ferrovia internazionale, che a Bussoleno si stacca dal fondovalle, per inerparsi sulle alture della sponda destra, mentre un tronco locale a fondo cieco termina a Susa. Si hanno, inoltre, canali per irrigazione, elettrodotti ecc..

Il resto della valle (cioè, da Susa a Bardonecchia) ha caratteristiche alpine, con vegetazione in prevalenza di conifere (larici, pini silvestri ed abeti), praterie e pochi campi coltivati. Gli insediamenti umani sono più rari e, oltre che nel fondovalle, si sviluppano sulle pendici montane, con centri in genere poco popolati.

Non esistono praticamente industrie e la rete delle comunicazioni è limitata alla strada statale n 24, che a monte di Pont Ventoux diviene la strada statale n 335, la quale percorre in genere il fondovalle, ad un sistema di piccole strade locali, che collegano i villaggi e le frazioni sui fianchi delle montagne, ed alla ferrovia internazionale.

Una zona paesaggisticamente pregevole, e che appartiene in parte alla bassa ed in parte alla media valle, è quella rinchiusa tra la Dora Riparia ed il Cenischia, al di sopra di Susa, nella quale giace l'abitato di Giaglione con le sue innumerevoli frazioni sparse.

Si tratta di una plaga a tipica ecologia collinare, con boschi, prati, frutteti e vigneti, che rappresenta probabilmente uno degli aspetti più caratteristici dell'intera valle di Susa e, come tale, si considera zona da preservare da interferenze stradali.

Morfologicamente ed ecologicamente analoga, e simmetrica, alla zona di Giaglione si può considerare la fascia di alture isolate, vallette e promontori della destra della valle, tra Chiomonte e le alture di Villar Focchiardo, abbracciante cioè media e bassa valle. Qui, però, il paesaggio può essere mantenuto pressoché intatto, nel caso una grande strada lo dovesse attraversare, destreggiandosi tra gallerie e viadotti.

2.7. Tracciati stradali

In questa sede, non si proporranno tracciati stradali veri e propri, ma ci si limiterà a indicare gli aspetti positivi e negativi dei vari tratti di valle in relazione alle caratteristiche geomorfologiche, cioè alla litologia ed alla stabilità dei pendii; inoltre, si farà riferimento alle condizioni idrogeologiche e, infine, ad elementari principi di ecologia e di conservazione del paesaggio.

2.7.1. *Fino a Susa*

Tra Avigliana e Villar Focchiardo, passando per la strettoia formata dallo sperone della Sagra di San Michele, l'unica possibilità di transito, per una strada di grandi dimensioni, sembra essere il fondovalle, dove le eventuali difficoltà non si riferiscono alle condizioni fisiche oggettive, ma agli esistenti insediamenti ed alle esistenti infrastrutture.

A monte della strettoia, sulla sinistra si presenta il conoide di Condove, sul quale si trova installato l'abitato omonimo e che già interessa la strada statale n° 24. Questo conoide non pare presentare attualmente dissesti attivi; si indica, comunque, come un aspetto generico di instabilità potenziale. Continuando verso monte, sempre sulla sinistra si allineano i quattro grandi conoidi di Bruzolo, Bussoleno, Grange e Foresto, già descritti. La base di queste formazioni giunge a interessare attualmente la strada statale n° 25, e qualunque nuovo tracciato finirebbe per interessarli, dato che lo spazio tra la loro base ed il solco della Dora Riparia è molto ristretto, specialmente in corrispondenza dei conoidi di Bussoleno e Grange.

In sponda destra, la prima zona di potenziale instabilità, che si incontra da valle verso monte, è il grande conoide di Villar Focchiardo, con un fronte di 3.000 m. Dopo una serie di piccoli conoidi di poca importanza, nel fronte del comune di San Giorio, si incontra il grande conoide di Prapontin, che già attualmente presenta profondi segni di dissesto, sia per erosione sia per accumulazione. Infine, prima di Susa, si incontra l'altro grande conoide di questo fianco della valle, quello che abbiamo chiamato di Traduerivi-Rodetti-Garelli, la cui base occupa una gran parte del fondovalle, e sembra avere addirittura spinto la Dora Riparia verso la sponda opposta (sinistra).

Come ultima difficoltà per il transito nella parte bassa della valle di Susa, occorre citare il letto della Dora Riparia, soggetto a divagazioni e che ha sofferto parecchie esondazioni, l'ultima delle quali, di grandi proporzioni, nel 1957. Si può concludere dicendo che, in questo tratto, non esistono ostacoli rocciosi: il percorso si svolgerebbe interamente su terreni sciolti (materiali alluvionali, morene, detriti di falda e conoidi).

2.7.2. Susa

La conca di Susa è rinchiusa, per tre lati, da notevoli alture rocciose, separate da gole strette e ripide. Uscire da questa gola, partendo dal livello della città di Susa, comporterebbe l'adozione di pendenze inaccettabili. Si rende necessario, quindi, abbordare il gradino tra Susa e Chiomonte, ove la valle riprende una certa linearità, percorrendo la sponda sinistra della valle, per attraversare la zona collinosa di Giaglione, oppure percorrendo il fianco destro della valle, approfittando della complessa morfologia della zona di Meana, come descritta in 2.2.

La zona di Giaglione, per essere attraversata, impone grandi opere, viadotti e gallerie. Inoltre, come si è accennato in 2.6, essa rappresenta un elemento paesaggistico da conservare. E' probabile che, trasferendosi dalla sponda sinistra della valle di Susa, in corrispondenza degli abitati di Trinità e San Giuseppe, sia necessario un grande viadotto per superare la valle Cenischia. Dopo il viadotto, si possono prevedere parecchi tratti in galleria, salvaguardando il paesaggio della zona. Per l'attraversamento delle gallerie, in questo settore non si prevedono grandi difficoltà. Si tratta sempre di percorsi attraverso masse rocciose (scisti o gneiss) isolate dai massicci principali e, quindi, generalmente asciutte.

Sulla sponda destra (Mattie, Meana, Chiomonte), già transita la ferrovia internazionale e non si riconoscono zone di instabilità. Questo tracciato sarebbe ricco di viadotti e gallerie, ma gli uni e le altre, perlomeno ad una prima osservazione, non sembrano né estremamente lunghi né difficili. Riprendendo la valle principale nella zona di Chiomonte, all'inizio del tratto medio della valle, un tracciato su questo fianco eviterebbe sia la conca di Susa sia le alture di Giaglione. La zona collinosa, pure ecologicamente interessante, verrebbe toccata solo marginalmente, in quanto una gran parte del percorso si svolgerebbe in galleria ed in vallette chiuse e non visibili da nessun punto della valle. La città di Susa potrebbe essere raggiunta da un raccordo, ed anche la strada del Moncenisio, che si sviluppa con una serie di tornanti al di sopra delle varie frazioni del comune di Giaglione, potrebbe essere raggiunta da un raccordo che, dai dintorni di Morelli-Mollare, raggiunga San Giuseppe, superando la Dora Riparia con un viadotto. A titolo puramente indica-

tivo, si nominano le varie località che questo tracciato potrebbe toccare: Villar Focchiardo, Martinetti-Vietti, Roncaglie, Fornelli, Combe, Vallone, Tanze, Sarrette, Campo del Carro, Traverse, Arnodera, Gravere, Chiomonte.

Le principali difficoltà, che si potrebbero incontrare in questo tratto, si riferiscono: al superamento dei solchi di drenaggio, piuttosto intricati e caotici; alla presenza di morene e masse alluvionali ed eluviali (conoidi); alla frammentazione del tracciato stesso tra attraversamenti di massicci rocciosi con gallerie e superamento di profondi valloni e calanchi con viadotti.

2.7.3. *Da Susa ad Oulx*

In sponda destra, dal punto di vista geomorfologico, questo tratto della valle può essere suddiviso in tre settori:

- Chiomonte-Exilles;
- Exilles-Salbertrand;
- Salbertrand-Oulx.

Tra Chiomonte ed Exilles continua la zona di grandi morene glaciali, cominciata prima di Meana, particolarmente imponente per più di 3 km oltre Chiomonte, fino in faccia a Ruinas. Queste morene, tutte wurmiane, e quindi poco compatte e non diagenizzate, si sostengono abbastanza bene nei tagli artificiali, come si può osservare nei lavori attualmente in corso per il raddoppio della ferrovia internazionale. Evidentemente, la presenza di acqua può introdurre una sostanziale instabilità in questi materiali sciolti, ma detta instabilità sarà limitata alla zona interessata dalla venuta d'acqua. Si può concludere che, per il tratto morenico tra Chiomonte (o Gravere) ed Exilles, non si prevedono grandi difficoltà.

Tra Exilles e Salbertrand, il fianco in oggetto della valle è occupato da una estesa formazione di calcescisti, poco stabili e ricchi di venute d'acqua. In questo tratto, si trova il grande dissesto che culmina nella frana di Cassas, descritto in 2.5.1, sub b.. Un percorso, sia a cielo aperto sia in galleria, incontrerebbe difficoltà sostanziali, come si stanno attualmente incontrando nei lavori per il

raddoppio della ferrovia. E', quindi, probabile che un tracciato lungo questo tratto del fianco destro della valle sia da escludere.

Tra Salbertrand e Oulx, il fianco in oggetto della valle è occupato da formazioni calcaree e dolomitiche, che non dovrebbero presentare speciali difficoltà. Al termine di molte di queste formazioni si presenta il grande conoide di Gad, la cui base arriva a sfiorare la strada statale n 24 e la ferrovia. Per questo ultimo dei tre tratti della sponda destra, non si prevedono comunque difficoltà, avendosi pendii stabili nella parte rocciosa ed una zona ampia e pianeggiante nella parte di monte, fino alla conca di Oulx.

In sponda sinistra, il tratto della valle, compreso tra il torrente Clarea (a valle) e la confluenza della Dora Riparia con la Dora di Bardonecchia (a monte), è più ripido e scosceso del fianco opposto, ma anche più omogeneo. Il tratto è quasi interamente occupato da gneiss di vario tipo, specialmente parasinitici, rocce generalmente massicce, anche se molto foliate in superficie. Scarse sono le morene ed i conoidi. Pur con tutti i problemi connessi con la costruzione in una morfologia accidentata, questo tratto sarebbe quindi senz'altro favorevole in senso assoluto al transito di una grande arteria di comunicazione e, in senso relativo, senz'altro da preferire al fianco opposto, se non esistesse, poco a valle di Salbertrand, la frana di Serre la Voute, precedentemente descritta. Questa frana si può superare in galleria; si rammenta, però, che frane tettoniche di questo tipo possono sempre presentare dubbi circa la consistenza, la profondità, il piano di scorrimento ecc., e ciò anche compiendo tutte le indagini del caso come cunicoli, sondaggi a rotazione, sezioni geofisiche. Questo dissesto andrà, quindi, studiato accuratamente, anche alla luce della rete tettonica regionale, per stabilire se il dissesto stesso appartiene ad una discontinuità ritrovabile nelle altre valli piemontesi ed accertare, quindi, la sua vera natura, origine e consistenza.

2.7.4. *Da Oulx a Bardonecchia*

In questo tratto, la sola possibilità per un tracciato stradale sembra essere quella di percorrere la sponda sinistra, ove i pendii sono uniformi, anche se la litologia non è delle migliori: si tratta,

per una gran parte del percorso, di rocce a componente calcareo e notevolmente scistose (calcari e calcescisti).

Mantenendosi sulla sponda sinistra della valle, l'abitato di Bardonecchia viene evitato completamente.

Ovviamente, sarà necessario uno studio in dettaglio delle rocce nelle varie zone da attraversare, con particolare riguardo ai tratti in cui, in base alla soluzione progettuale scelta, si debbano scavare gallerie o si abbia timore per la stabilità dei pendii; così pure in corrispondenza di grandi masse detritiche o moreniche, come tra Costans e Villards o nei conoidi di Savoulx.

3. IL SISTEMA ATTUALE DELLE COMUNICAZIONI FERROVIARIE

3.1. Generalità

La valle di Susa è percorsa, in tutta la sua estensione, dalla ferrovia Torino-Bussoleno-Bardonecchia, la quale, attraverso il traforo del Fréjus, sbocca a Modane, nella valle dell'Arc, e costituisce il principale collegamento ferroviario fra l'Italia e la Francia, nonché una delle più importanti direttrici di traffico internazionale italiane.

La densità di traffico, calcolata dall'Azienda delle FS in base ai dati del 1973, ultimo anno non influenzato da eventi congiunturali, fa sì che questa linea si ponga al 23° posto nella graduatoria di importanza, per entità chilometrica di traffico, delle linee della rete FS.

In base alle caratteristiche del tracciato ed alle condizioni di esercizio, la Torino-Modane può essere suddivisa in due tronchi:

- a. il tronco Torino-Bussoleno, quasi pianeggiante, interamente a doppio binario;
- b. il tronco Bussoleno-Bardonecchia-Modane, tortuoso ed acclive, a semplice binario nella parte più accidentata, fra Bussoleno ed Exilles, ed a doppio binario nella rimanente parte.

Nella bassa valle esiste, inoltre, un terzo breve tronco, con caratteristiche strutturali e di esercizio del tutto diverse, avente scarsa potenzialità di circolazione, che si distacca, dalla Torino-Modane, a Bussoleno e termina a Susa dopo soli 7,5 km.

3.2. Tronco Torino-Bussoleno

3.2.1. *Caratteristiche strutturali*

Il tronco Torino-Bussoleno è tutto attrezzato con doppio binario, elettrificato a 3.000 volt a corrente continua, ossia col sistema di trazione tipico della rete elettrificata FS.

Ha andamento plano-altimetrico buono, poiché, su di una lunghezza di 45,4 km, circa 33 km sono rettilinei, mentre le curve hanno, salvo qualche eccezione, raggi molto ampi: la linea è in costante leggera ascesa da Torino verso Bussoleno, ma le pendenze non superano il valore dell'11 per mille.

La ferrovia corre, per gran parte, a piano campagna e le opere d'arte non sono particolarmente numerose; lo stato di conservazione è buono e la manutenzione non offre particolari difficoltà.

I binari sono costituiti da rotaie pesanti (50 kg/ml), saldate a nastro continuo da stazione a stazione, con attacchi indiretti su traverse in legno od in cemento armato precompresso e non pongono alcuna limitazione alla circolazione.

I treni possono raggiungere, pertanto, la velocità di 130 km/h (e la velocità di 150 km/h quelli composti da elettromotrici), che costituisce un valore molto prossimo a quello massimo consentito dal tracciato; il peso per asse ammesso è di 20 tonnellate, cioè quello massimo consentito sulla rete principale FS.

Il tronco comprende le seguenti 10 stazioni (escluse quelle di Torino): Collegno; Alpignano; Rosta; Avigliana; Sant'Ambrogio; Condove-Chiusa di San Michele; Sant'Antonino di Susa; Borgone di Susa; Bruzolo di Susa; Bussoleno.

Tutte le stazioni sono ubicate nei centri abitati e sono facilmente accessibili. Ad eccezione di quelle di Rosta e di Bruzolo di Susa, che sono semplici fermate, le stazioni hanno, oltre quelli di circolazione, almeno 2 binari di sosta; in particolare, la stazione di Bussoleno è particolarmente attrezzata con vari fasci di binari per la sosta e la manovra nonché per il ricovero e la manutenzione dei locomotori.

I fabbricati di stazione e le altre infrastrutture per i servizi viag-

giatori sono mediamente adeguati ed in discreto stato; quelli per i servizi merci sono, invece, alquanto carenti sia per l'insufficienza di binari sia per l'inadeguatezza delle attrezzature.

Gli impianti di sicurezza e di regolazione del traffico sono di media efficienza; esiste il blocco elettrico manuale (semiautomatico) da stazione a stazione e soltanto la stazione di Bussoleno è munita di apparato centrale per la manovra elettrica degli scambi; tutte le altre stazioni hanno scambi manovrati a mano. Numerosi sono i passaggi a livello (in numero di 51, a distanza media di circa 900 m), molti dei quali sono muniti di sistemi di protezione che non danno sufficiente garanzia di sicurezza oppure che bloccano a lungo la circolazione stradale.

La condizione degli impianti di regolazione del traffico limita a 140 treni/giorno la potenzialità di circolazione nei due sensi di marcia (secondo la valutazione dell'Azienda delle FS), mentre su altre linee a doppio binario della stessa Azienda, più modernamente attrezzate con blocco automatico e con moderni apparati di manovra degli scambi si raggiungono valori alquanto superiori, fino ed oltre i 240 treni/giorno.

3.2.2. *Caratteristiche di esercizio*

Il tronco Torino-Bussoleno è percorso in media (anno 1977) da 102 treni/giorno, di cui 65 merci, 25 viaggiatori di interesse locale (1) e 12 viaggiatori di carattere internazionale a lungo percorso.

L'impegno di circolazione del tronco, rispetto alla potenzialità di 140 treni/giorno, è pertanto del 73 per cento. Pur esistendo un margine di potenzialità, che nell'arco di una giornata è valutabile in 38 treni, in alcune ore di punta in cui si accumulano i treni di vario tipo, i margini diventano inconsistenti e non permettono la circolazione di altri treni.

La percentuale molto alta di treni merci, rispetto al numero totale di treni in circolazione, mette in luce l'importanza che riveste la linea ai fini del traffico merci. Si tratta di treni che, nella quasi totalità, trasportano carri in servizio internazionale, poiché il

1. Classificati dalle FS come "locali" e "diretti".

traffico merci locale per ferrovia è assai limitato, e ciò non tanto per la carenza di domanda quanto piuttosto per l'insoddisfacente offerta da parte delle FS.

I treni merci, in massima parte, fanno capo, da un lato, alla stazione di Modane ed agli scali merci interni francesi (Saint Jean de Maurienne-Culoz) e, dall'altro, agli scali della linea Torino-Milano, ma sopra tutto a quelli di Torino Smistamento (Lingotto) e di Alessandria. A tale proposito, occorre mettere in evidenza che l'insufficiente capacità statica (intesa come possibilità di sosta di carri), la limitata potenzialità dinamica (intesa come quantità di carri manovrati al giorno) — valutata in circa 1.800 carri/giorno — e l'irrazionalità degli impianti della stazione Torino Smistamento hanno indotto le FS ad iniziare la costruzione della nuova stazione di smistamento di Torino-Orbassano (questo provvedimento verrà esaminato in 8).

Sul tronco Torino-Bussoleno, a differenza del successivo, è molto intenso anche il traffico di viaggiatori pendolari sul centro attrattore di Torino: dalle ore 5 alle ore 8 giungono a Torino 6 treni locali e dalle ore 17 alle ore 20 ne partono 4. Sebbene la domanda di trasporto pendolare richieda servizi più frequenti, l'offerta, sopra tutto se confrontata con lo "standard" FS, appare accettabile. Con un tempo medio di percorrenza fra Bussoleno e Torino di 58', la velocità commerciale dei treni locali risulta in media di 47 km/h, che costituisce un valore medio fra quelli che si riscontrano nel Compartimento FS di Torino.

L'impiego di materiale rotabile più veloce ed adeguato alle caratteristiche del servizio potrebbe migliorare apprezzabilmente la velocità e la qualità del servizio stesso.

In definitiva, le condizioni di circolazione su questo tronco risultano appena sufficienti, sia per il servizio viaggiatori sia per quello merci internazionale, tenuto conto che quest'ultimo non può essere incrementato a causa della strozzatura determinata dal semplice binario esistente fra Bussoleno e Salbertrand, strozzatura che condiziona le possibilità di traffico sull'intera linea. L'aumento di potenzialità, che deriverà dal raddoppio del semplice binario nel tratto in oggetto, richiederà interventi di potenziamento anche sulla Torino-Bussoleno.

3.3. Tronco Bussoleno-Bardonecchia-Modane

3.3.1. *Caratteristiche strutturali*

A differenza del precedente, questo tronco ha caratteristiche di ferrovia di montagna.

L'andamento è assai tortuoso, con curve il cui raggio è in massima parte, specialmente nel tratto tra Bussoleno e Salbertrand, di soli 500 m; l'ascesa è continua da Bussoleno al confine francese (nella galleria del Fréjus), con una pendenza molto forte, che raggiunge il valore del 30 per mille; la discesa è continua dal confine francese a Modane con una pendenza molto forte, che raggiunge il valore del 28 per mille.

Le opere d'arte sono molto numerose, poiché la linea non è quasi mai a piano di campagna; le gallerie costituiscono il 25 per cento circa della lunghezza del tracciato. La necessità di manutenzione è continua ed assai onerosa: occorre una assidua vigilanza ed intervenire sovente per l'esecuzione di opere di prevenzione di frane e caduta di massi.

La linea è attrezzata con semplice binario di circolazione da Bussoleno ad Exilles, per 19,9 km (sono in corso di esecuzione i lavori di raddoppio, come si dirà in 8.2), e con doppio binario per il restante tratto; è elettrificata a 3.000 volt a corrente continua anche nel tratto sul versante francese, dal confine alla stazione di Modane, ove il sistema di trazione italiano coesiste con quello francese (1.500 volt a corrente continua).

Le caratteristiche dei binari sono analoghe a quelle riconosciute per il tronco Torino-Bussoleno, salvo le condizioni imposte dal diverso andamento del tracciato, che limitano la velocità dei treni a 90 km/h (100 km/h per le elettromotrici) nella maggior parte del percorso ed a 75 km/h (85 km/h per le elettromotrici) fra Bardonecchia e Modane; soltanto nel tratto più favorevole, quello fra Oulx e Bardonecchia, la velocità massima consentita dal binario è di 120 km/h (130 km/h per le elettromotrici).

Il peso massimo per asse ammesso è, sempre, di 20 tonnellate.

Il tronco, della lunghezza di 59,4 km, comprende le seguenti 7 stazioni: Meana; Chiomonte; Exilles; Salbertrand; Oulx-Cesana-Claviere-Sestriere; Beaulard; Bardonecchia.

Le stazioni di Meana, Chiomonte ed Exilles sono situate sul semplice binario ed hanno impianti appena sufficienti per gli incroci dei treni; Beaulard è una semplice fermata; le stazioni di Salbertrand e Bardonecchia hanno maggiore capacità, ma riescono a stento a garantire lo svolgimento dell'attuale servizio.

Gli impianti di sicurezza e di regolazione del traffico sono analoghi a quelli del tronco precedente, con la differenza che tutte le stazioni sono attrezzate con apparati centrali per la manovra elettrica degli scambi. I passaggi a livello presentano una densità inferiore a quella presentata dal tronco precedente (sono in numero di 11, alla distanza media di m 3.700).

La potenzialità di circolazione viene valutata dalle FS in 86 treni/giorno fra Bussoleno e Salbertrand; la potenzialità del detto tratto condiziona la potenzialità del successivo tratto Salbertrand-Modane. Il tratto Bussoleno-Salbertrand costituisce perciò una vera e propria strozzatura, che impedisce la circolazione di altri treni fra Torino e Bardonecchia-Modane, nonostante i margini di potenzialità disponibili sui rimanenti tronchi.

3.3.2. *Caratteristiche di esercizio*

Le caratteristiche di esercizio del tronco in questione sono nettamente diverse da quelle del tronco precedente, sia perché molti treni viaggiatori locali circolano solo fra Torino e Bussoleno (o Susa), sia perché le caratteristiche altimetriche del tracciato impongono particolari accorgimenti. Infatti, sul tronco in oggetto le prestazioni dei locomotori sono alquanto inferiori: ne deriva che, nel senso della salita, tutti i treni merci, e sovente anche quelli viaggiatori internazionali più pesanti, devono essere trainati da due o tre locomotori. Generalmente, questi vengono aggiunti, in un senso, da Bussoleno a Modane e, nell'altro, da Modane a Bardonecchia.

L'alternativa a questo modello di esercizio, per i treni merci, è costituita dalla riduzione delle composizioni fra Bussoleno e Modane, che però le FS cercano di evitare allo scopo di meglio sfruttare la potenzialità della linea. Ciononostante, fra Bussoleno e Salbertrand si raggiungono condizioni di completa saturazione: su 86

treni che giornalmente circolano in media nei due sensi di marcia, 26 sono viaggiatori, fra cui i 12 internazionali, ed i rimanenti sono merci. Condizioni migliori si verificano sul tratto a doppio binario Salbertrand-Bardonecchia, ove esistono ancora buoni margini di potenzialità, e, in misura minore, sul tratto Bardonecchia-Modane, ove, per effetto della circolazione dei treni navetta per il trasporto auto (i quali sono in media 20 al giorno nei due sensi di marcia, ma in alcuni periodi — per altro di limitata durata — aumentano molto), i margini si riducono sensibilmente.

Il traffico viaggiatori pendolari su Torino è molto ridotto su questo tronco; le località turistiche dell'alta valle costituiscono centri attrattori di traffico, ma il loro apporto è nel complesso limitato, salvo nei giorni festivi della stagione invernale.

Maggiore peso ha su questo tronco, come del resto su tutta la linea, il traffico merci internazionale. Il transito di Modane costituisce infatti, dopo quello di Chiasso, il punto di maggiore scambio di carri merci fra la rete FS e le altre reti ferroviarie europee.

In tabella 3.1 sono evidenziati i valori di traffico merci rilevati negli ultimi anni al transito di Modane.

Tab. 3.1 — *Traffico merci al transito di Modane*

<i>Anno</i>	<i>In importazione</i>	<i>In esportazione</i>	<i>Totale</i>
<i>Tonnellate di merce (migliaia)</i>			
1972	3.853	1.410	5.263
1973	3.855	1.420	5.275
1974	4.020	1.231	5.251
1975	4.089	1.368	5.457
1976	5.083	1.483	6.566
<i>Numero di carri carichi (unità)</i>			
1972	193.220	111.465	304.685
1973	182.441	110.720	293.161
1974	181.871	97.740	279.611
1975	169.589	105.889	275.478
1976	196.876	110.886	307.762

Il traffico cresce nel tempo, come si rileva dalla serie storica delle tonnellate trasportate (l'andamento della serie storica del numero dei carri carichi non corrisponde a quello delle tonnellate, per l'impiego di carri di maggiore capacità); ciò nonostante i margini di aumento assai ristretti consentiti dalle condizioni di saturazione nel tronco ancora a semplice binario.

L'attuazione e la programmazione di interventi di potenziamento dell'intera linea, che saranno descritti in 8.2 ed in 8.3, permetteranno di soddisfare, in maniera migliore, la domanda di trasporto merci che attualmente si rivolge alla strada anche per quei percorsi internazionali molto lunghi che potrebbero essere più economicamente serviti dalla rotaia.

3.4. Tronco Bussoleno-Susa

3.4.1. *Caratteristiche strutturali*

Le caratteristiche di tracciato di questo breve tronco ferroviario, a semplice binario, elettrificato, sono buone, poiché esso si sviluppa per il 75 per cento in rettilineo ed ha una ascesa continua da Bussoleno a Susa non superiore al 10 per mille. La sede ferroviaria è a piano di campagna e le opere d'arte di limitata importanza.

Tuttavia, il tronco è attrezzato con impianti antiquati ed in cattive condizioni di conservazione, sopra tutto per deficienza di manutenzione, il che non consente di sfruttare appieno le possibilità offerte dal tracciato. Il binario è costituito da rotaie leggere (36 kg/ml) con attacchi diretti su traverse in legno, che dovrebbero essere in buona parte sostituite, e massicciata che dovrebbe essere risanata e ricostituita; la trazione elettrica, a corrente continua, avviene con linea di contatto ex-trifase (fili avvicinati). Ne consegue che la velocità massima ammessa sulla linea è assai bassa (55 km/h) ed il peso assiale limitato a 16 tonnellate.

La linea è lunga 7,5 km e non comprende stazioni intermedie. La stazione di Susa ha infrastrutture di ridotta entità ed in cattive condizioni di conservazione.

Esistono impianti di regolazione del traffico (blocco elettrico manuale); gli impianti di sicurezza della stazione di Susa e della

maggior parte dei passaggi a livello non sono conformi ai criteri di sicurezza recentemente uniformati dall'Unifer, l'Ente internazionale di unificazione ferroviaria.

La potenzialità della linea viene valutata dalle FS in 60 treni/giorno.

3.4.2. *Caratteristiche di esercizio*

La linea è impegnata attualmente da 43 treni/giorno, 41 viaggiatori e 2 merci.

I treni viaggiatori svolgono, quasi tutti, servizio di spola fra Susa e Bussoleno e, in gran parte, sono in coincidenza a Bussoleno con i treni da e per Torino; soltanto 8 treni effettuano servizio diretto fra Susa e Torino.

Il traffico viaggiatori ammonta a 1.700 spostamenti/giorno ed è piuttosto omogeneamente distribuito nell'arco della giornata; la punta massima si ha nella fascia oraria del mattino (dalle ore 5 alle ore 8) da Bussoleno verso Susa ed è di 350 spostamenti, pari al 41 per cento degli spostamenti giornalieri in questa direzione.

Il traffico merci è limitato ad una coppia di treni scarsamente utilizzati; tuttavia, esso non corrisponde alla domanda di trasporto, che oggi si rivolge per la gran parte alla strada sia per i motivi generali che penalizzano il trasporto ferroviario sulla rete FS, sia per la scarsa attrattività della linea, fondamentalmente dovuta all'insufficiente carico assiale ammesso (16 tonnellate).

3.5. Conclusioni

In conclusione, le comunicazioni ferroviarie della valle di Susa, per quanto riguarda il servizio internazionale sia viaggiatori sia merci, nonché i servizi locali fra alta valle e Torino, sono condizionate dal tratto a binario unico, il quale limita la capacità dell'intera linea. In altre parole, rispetto ad una capacità di circa 140 treni/giorno del tronco Torino-Bussoleno, il tronco successivo, a causa del tratto a binario unico, ha una capacità di circa 86 treni/giorno, interamente saturato da 60 treni merci e 26 treni viaggiatori.

Per quanto riguarda invece la bassa valle, esistono ancora margini di capacità, a disposizione di eventuali servizi tra Susa-Bussoleno e Torino.

Infine, va rilevato che l'esercizio della linea Torino-Modane si svolge in condizioni di particolare complessità, a causa, oltre che della strettoia già citata, anche delle forti pendenze che richiedono l'impiego di 1 o 2 locomotori aggiuntivi di spinta per i treni più pesanti, nonché a causa delle carenze delle principali stazioni, in particolare di quella di Bussoleno.

4. IL SISTEMA ATTUALE DELLE COMUNICAZIONI STRADALI

4.1. La metodologia

4.1.1. *Elaborazione dei rilevamenti di traffico*

Per le comunicazioni stradali prese in esame è necessario disporre delle elaborazioni in ordine al traffico giornaliero medio annuo (tgm) attuale. La ricerca dei dati di base, necessari per predisporre le dette elaborazioni, è stata fatta presso l'Anas, sotto la cui giurisdizione ricadono le strade che si trattano.

Poiché gli ultimi rilevamenti fatti dall'Anas risalgono al 1975, si è fatto riferimento a tale anno per valutare la situazione del sistema stradale.

Dai tgm, calcolati a partire dalle rilevazioni compiute nel 1975, si è ricavato il volume di traffico orario nei periodi di punta normale (30a ora di punta), trascurando così le punte che si verificano pochissime ore all'anno, in coincidenza di particolari eventi. Si valuta che il detto traffico di punta sia pari ad una aliquota del tgm, dell'ordine del 10-12 per cento sulle strade ad uso prevalentemente commerciale, dell'ordine del 14-16 per cento sulle strade ad uso promiscuo commerciale e turistico e dell'ordine del 15-18 per cento ed anche più, sulle strade ad uso spiccatamente turistico oppure sulle strade su cui si ha un forte movimento di correnti "pendolari".

Come è noto, i rilevamenti fatti dall'Anas sono puntuali e concernono sezioni talora a notevole distanza tra di loro, a volte in

prossimità di consistenti centri abitati. Ciò ha reso, talora, problematica l'attribuzione dei calcolati tgm a tronchi, sopra tutto quando si trattava di tronchi lunghi. In conseguenza di ciò, si è resa necessaria una verifica dei detti tgm. La verifica è stata effettuata con la collaborazione degli Uffici tecnici della Amministrazione provinciale di Torino.

In tal modo, si sono definiti i tratti di strada per i quali i tgm, calcolati sui dati rilevati, potevano essere considerati significativi; per i restanti tratti, si è proceduto alla stima dell'ordine di grandezza del tgm che ad essi compete (1).

Per ogni tgm si è messo in evidenza la percentuale di traffico pesante, intendendo per tale quello costituito da autocarri con peso totale — compreso il carico autorizzato — superiore a 30 quintali, da trattori stradali, da autocarri con rimorchio, da trattori con semirimorchio, da autobus, da veicoli speciali, da trasporti eccezionali e da veicoli agricoli.

Per le strade a due corsie di circolazione, una per ciascun senso di marcia, il tgm ed il traffico della relativa ora di punta normale sono dati come totale per entrambi i sensi di marcia, indipendentemente dalla distribuzione del traffico secondo il senso di marcia, in quanto le manovre di sorpasso devono necessariamente avvenire nella corsia di circolazione normalmente occupata dal traffico di senso opposto.

Anche per le strade a più corsie di circolazione per senso di marcia, è stato calcolato il tgm globale dei due sensi di marcia; però, in tal caso, risultando che nella maggior parte delle strade a due sensi di marcia il traffico giornaliero annuo (tgm) è approssimativamente lo stesso in ciascun senso di marcia, si sono potute calcolare le punte normali (30a ora di punta) di ciascun senso di marcia.

1. Nelle tabelle relative alle strade, i tgm di cui si è stimato l'ordine di grandezza sono contrassegnati con un asterisco.

4.1.2. *Analisi delle prestazioni e determinazione dei livelli di servizio*

Allo scopo di predisporre gli elementi per procedere all'analisi delle prestazioni delle strade, le stesse sono state percorse, rilevando le necessarie informazioni in ordine ai seguenti fattori:

- a. distanze laterali di sicurezza;
- b. distanza di visibilità (per le strade a due corsie);
- c. banchine;
- d. corsie ausiliarie;
- e. tracciato;
- f. pendenze.

La considerazione di detti fattori stradali e dei fattori di traffico, sintetizzati nella misura dei tgm, consente di determinare il "livello di servizio" attualmente offerto dalle strade.

Il livello di servizio indica ognuna delle successive combinazioni di condizioni operative che possono verificarsi su una data strada, quando su di essa si producano crescenti portate di traffico; esso è una misura sintetica dell'effetto di un certo numero di fattori, che comprendono la velocità ed il tempo di percorrenza, le interruzioni di traffico, la libertà di manovra, la sicurezza, la comodità della guida e l'economicità dell'esercizio operativo del trasporto. L'individuazione del livello di servizio ha luogo in base a particolari valori limite di alcuni dei suddetti fattori.

I livelli di servizio, distinti con le lettere da A ad F, le quali rappresentano, rispettivamente, un livello molto confortevole ed un livello praticamente intollerabile, coprono l'intera gamma delle situazioni operative che si possono presentare nella circolazione stradale.

Il livello di servizio A indica una condizione di flusso libero, con bassi volumi di traffico ed alte velocità. La densità del traffico è bassa, con velocità determinata dai desideri degli utenti, dai limiti di velocità imposti e dalle condizioni morfologiche del corpo stradale. La libertà di manovra non è influenzata, in modo apprezzabile, dalla presenza di altri veicoli ed i conducenti possono mantenere la velocità desiderata senza vincoli che non siano quelli sopra indicati.

Il livello di servizio B è nella zona di flusso stabile, in cui però le velocità possibili cominciano ad essere, in qualche modo, limitate dalle condizioni della circolazione.

Il livello di servizio C è ancora nella zona di flusso stabile, ma la velocità e la libertà di manovra sono un po' più condizionate a causa delle più alte portate. La maggior parte dei conducenti vede limitata la propria libertà di scegliere la velocità, di cambiar corsia o di sorpassare; tuttavia, si ottiene ancora una velocità possibile relativamente soddisfacente.

Il livello di servizio D si avvicina al flusso instabile; sono possibili velocità accettabili, anche se notevolmente influenzate dai cambiamenti delle condizioni della circolazione. Oscillazioni della portata e restrizioni temporanee del flusso possono causare sostanziali riduzioni delle velocità possibili. I conducenti hanno scarsa libertà di manovra, la comodità e la rispondenza di guida sono limitate; tuttavia, per brevi periodi di tempo, tali condizioni possono essere tollerate.

Il livello di servizio E è rappresentativo della situazione che si crea quando la portata oraria (2) si avvicina, o addirittura raggiunge la capacità della strada (3); in queste condizioni, le velocità possibili sono, quasi sempre, comprese nell'intorno dei 50 km/h. Il flusso è instabile e possono prodursi arresti temporanei nella marcia dei veicoli.

Il livello di servizio F indica una condizione di circolazione forzata a bassa velocità, nella quale la portata è inferiore alla capacità. Queste condizioni si verificano, generalmente, quando code di veicoli si formano a causa di un ostacolo a valle. Le velocità risultano notevolmente ridotte e possono verificarsi arresti per periodi più o meno lunghi a causa della congestione a valle; nel caso estremo, sia la velocità sia la portata possono scendere a zero.

I limiti di separazione fra i diversi livelli di servizio differiscono per i vari tipi di strade, poiché ciascuna strada è caratterizzata da particolari intervalli della velocità e del rapporto portata/capacità,

2. La portata oraria è data dal numero medio di passaggi di veicoli, attraverso una sezione stradale, nel corso di un'ora.

3. La capacità è la portata oraria massima che può aversi con determinate caratteristiche di traffico.

che consentono il realizzarsi delle condizioni di circolazione proprie di ciascun livello di servizio.

Vengono riportate in tabella 4.1 le condizioni di flusso del traffico [carattere del flusso e velocità possibile (4)], relative a ciascun livello di servizio, secondo il tipo di strada.

Tab. 4.1 – Carattere del flusso e velocità possibile ai vari livelli di servizio secondo il tipo di strada

Livello di servizio	Carattere del flusso	Velocità possibili		
		Autostrade e strade a scorrimento veloce	Strade extraurbane	
			A più corsie per senso di marcia (km/h)	A una corsia
A	Flusso libero	≥ 95	≥ 95	≥ 95
B	Flusso stabile	≥ 90	≥ 90	≥ 80
C	Flusso stabile	≥ 80	≥ 70	≥ 65
D	Tendenza al flusso instabile	≥ 65	≥ 55	≥ 55
E	Flusso instabile	≈ 50	≈ 50	≈ 50
F	Flusso forzato	< 50	< 50	< 50

Le velocità possibili, relative ai livelli di servizio più elevati, si possono ottenere solo se le caratteristiche geometriche della strada lo consentono; pertanto, su strade di basse caratteristiche i livelli di servizio più alti non potranno essere mai raggiunti anche per piccoli valori di portata.

Posto quanto precede, per ogni strada presa in esame, si è deter-

4. La velocità possibile è la massima velocità commerciale con cui un veicolo, in corrispondenza di una certa portata, riesce a percorrere la strada oggetto di studio; ove per velocità commerciale si intende il rapporto tra la lunghezza della strada ed il tempo impiegato tenendo conto di tutti i ritardi e di tutte le soste, eventualmente, imposte alla circolazione. Il valore massimo della velocità possibile è, evidentemente, la velocità di progetto e si realizza quando il veicolo viaggia isolato od in condizioni a questa equivalenti.

minato, in base alle sue caratteristiche geometriche e alla composizione del traffico (5) che la percorre, la capacità (coincidente, per quanto detto, con il flusso relativo al livello di servizio E) ed il rapporto fra la portata (punta normale di traffico) e la capacità, ottenendo per conseguenza il livello di servizio offerto (6).

Per i livelli di servizio C e D delle autostrade (7) e delle strade a scorrimento veloce (7), si sono prese in esame le intensità di traffico per periodi più brevi di un'ora (5 minuti), in quanto a questi livelli di servizio, a differenza di quanto accade per i livelli di servizio A e B, la circolazione, sebbene si svolga ancora nel campo del flusso stabile, corrisponde ad una situazione sufficientemente critica: pertanto la portata di servizio deve essere corretta, a questo scopo moltiplicandola per il fattore dell'ora di punta (8). Si sono considerati i seguenti fattori dell'ora di punta: 0,91 per gli agglomerati con popolazione superiore ad 1 milione di abitanti; 0,83 per gli agglomerati con popolazione compresa tra 0,5 ed 1,0 milioni di abitanti; 0,77 per gli agglomerati con popolazione inferiore a 0,5 milioni di abitanti. Per le altre strade, poiché in esse il flusso risulta meglio distribuito durante l'ora di punta, non si ricorre per nessun livello di servizio, al fattore dell'ora di punta.

5. Ai fini del calcolo della capacità, sono state prese in considerazione le seguenti due componenti di traffico:

- a. veicoli leggeri, intendendo per tali le autovetture e gli autocarri con peso totale — compreso il carico autorizzato — fino a 30 quintali;
- b. veicoli pesanti, intendendo per tali gli autocarri con peso totale — compreso il carico autorizzato — superiore a 30 quintali, i trattori stradali, gli autocarri con rimorchio, i trattori con semirimorchio, gli autobus, i veicoli speciali, i trasporti eccezionali ed i veicoli agricoli.

6. Cfr.: *Capacità delle strade. Highway Capacity Manual 1965*, Automobile Club d'Italia, Roma, 1968.

7. Con questa denominazione si indicano le strade a carreggiate separate in cui l'accesso dalle altre strade è opportunamente regolato: nelle autostrade, si ha sempre il controllo totale degli accessi, cioè le intersezioni con le altre strade non possono essere mai a raso; nelle strade a scorrimento veloce, si ha il controllo parziale degli accessi, cioè le intersezioni con le altre strade talora possono essere a raso.

8. Il fattore dell'ora di punta è il rapporto tra la portata che si verifica durante l'ora di punta e l'intensità massima di traffico calcolata sulla base di un dato periodo di tempo compreso nell'ora di punta: esso misura le caratteristiche del periodo di punta ed il suo valore massimo è 1. Il periodo breve, scelto nell'ambito dell'ora, è di 5 minuti.

La metodologia esposta, ed applicata in questo studio per l'analisi delle prestazioni e per la determinazione dei livelli di servizio delle strade, è quella normalmente adottata dall'ingegneria del traffico. Essa si fonda su criteri sufficientemente sperimentati, in base ai quali è possibile determinare, una volta che siano noti il tipo di traffico e le caratteristiche fisiche delle strade, i volumi di traffico che esse possono sopportare ai diversi livelli di servizio, oppure il livello di servizio che corrisponde ad un determinato tipo e ad un determinato volume di traffico.

Per poter disporre di uno strumento che desse la possibilità di operare nelle varie condizioni che si possono presentare, si sono individuate le portate corrispondenti ai diversi livelli di servizio, per ogni singolo tipo di strada in "condizioni ideali" (9). La non rispondenza alle dette "condizioni ideali" comporta l'introduzione di coefficienti correttivi sulle portate. E' possibile così determinare, secondo i fattori stradali e di traffico (con particolare riguardo, in quest'ultimo caso, alla presenza di veicoli pesanti), la qualità del servizio offerto dalla strada.

Dati i fini di questo studio, l'esame delle capacità e dei livelli di servizio è relativo a tratti di strada con condizioni di flusso ininterrotto, intendendo per tali quelle condizioni di circolazione in cui i veicoli non ricevono disturbo per cause estranee alla corrente a cui appartengono, pur potendosi verificare interruzioni, per esempio dovute alla immissione in corsia di un veicolo in sosta sulla banchina oppure ad un incidente, e, comunque, causate dai veicoli che fanno parte del flusso stesso.

Non rientra invece nei fini di questo studio trattare tratti urbani e, quindi, fare riferimento alle condizioni di flusso interrotto, ca-

9. Le "condizioni ideali" sono definite come segue:

- a. flusso del traffico ininterrotto e libero da interferenze laterali da parte di veicoli e pedoni;
- b. corrente di traffico composta solamente da autovetture;
- c. corsie larghe non meno di 3,65 m e banchine, prive di ostacoli, larghe non meno di 1,80 m;
- d. per le strade extraurbane, andamento planimetrico tale da garantire velocità medie di base non inferiori a 110 km/h ed inoltre, per le strade a 2 o 3 corsie su unica carreggiata, una visuale libera che non ponga alcuna limitazione alla continua presenza della distanza di visibilità per il sorpasso.

ratterizzate da disturbi alla circolazione dovuti a cause estranee alla corrente veicolare in oggetto, quali sono quelle che si presentano alle intersezioni, ove per esempio interruzioni del flusso possono essere dovute alle soste necessarie per consentire gli attraversamenti da parte di pedoni o di veicoli di altro flusso, alle immissioni, alle zone di scambio ecc..

I tratti urbani e le condizioni di flusso interrotto dovranno essere studiati e risolti nell'ambito di una pianificazione urbana, e comunque locale; in questa sede, ci si limita ad individuare i problemi e ad indicare la necessità di interventi (per esempio, circonvallazioni) per permettere il mantenimento di un flusso ininterrotto.

4.2. I risultati

4.2.1. *Strada statale n 24*

4.2.1.1. *Situazione idrogeomorfologica*

La strada statale n 24 si sviluppa lungo il fondo della valle di Susa, tenendosi in sinistra della Dora Riparia, fino a Borgone di Susa, per poi proseguire in destra fino a Susa. All'altezza di Susa, la strada prende a salire con una serie di tornanti e si innesta nella paleovalle che correva ad un livello di circa 200 m superiore a quello dell'attuale valle di Susa (cfr.: 2.2), ridiscendendo ed attraversando nuovamente la Dora Riparia 3 km ad ovest di Chiomonte. La strada prosegue poi, in sinistra, lungo il versante della valle e, da Salbertrand, lungo il fondovalle, per attraversare nuovamente il fiume in prossimità di Oulx e seguire, in destra, il corso della Dora Riparia.

Fino a Susa. La strada statale n 24 si sviluppa fino a Susa, quasi interamente, entro le alluvioni di fondovalle essendo interessata solo marginalmente dal fronte di conoidi, tra cui i principali sono quelli di Condove, in sponda sinistra, e di Villar Focchiardo, Prapontin e Traduerivi-Rodetti-Garelli, in sponda destra. Si è già visto (cfr.: 2.2.1) che i conoidi costituiscono, in misura più o meno accentuata, zone di instabilità, a causa del processo evolutivo che li

caratterizza, il quale fa riconoscere rapidi processi di erosione e di accumulo. Tuttavia, occorre far notare che la strada attraversa il fronte terminale dei conoidi, a pendenza estremamente dolce e, quindi, in una situazione morfologica che limita la possibilità di vistosi movimenti franosi. Il solo conoide, entro il quale sono attualmente osservabili profondi segni di dissesto, è quello di Prapontin, ubicato 3 km ad ovest di San Giorio di Susa.

Da Susa ad Oulx. Molto più complessa dal punto di vista sia litologico sia morfologico è la situazione tra Susa ed Oulx, tratto in cui la strada corre per buona parte lungo i versanti della valle, traversando estesi ammassi morenici e formazioni rocciose di gneiss e calcescisti del Trias-Giura. Nonostante la ripidità dei versanti e la foliazione accentuata delle formazioni metamorfiche, i pendii sono nel complesso stabili, anche grazie all'azione frenante svolta dalla fitta vegetazione, fuorché in corrispondenza della frana di Serre la Voute che, come dettagliato in 2.4.1, interessa una zona di circa 1 km² ed è soggetta a periodiche fasi di riattivazione. Le morene, abbondanti sopra tutto nella paleovalle di Gravere-Chiomonte, possono dare luogo a limitati fenomeni di smottamento, mentre lungo l'attraversamento dei conoidi di Gravere e di Salbertrand potranno verificarsi dei dissesti. A monte di Salbertrand, la strada statale n 24 rientra nelle alluvioni di fondovalle e vi rimane fino ad Oulx.

Da Oulx a Monginevro. Da Oulx la strada statale n 24 segue la valle, fortemente incisa, della Dora Riparia fino al confine italo-francese (Passo del Monginevro). Le rocce attraversate sono costituite da calcescisti e, nel tratto finale, da dolomie e calcari massicci triassici, con abbondante copertura morenica ed occasionali lembi di detriti di falda, conoidi ed alluvioni. I dissesti che possono verificarsi in questo tratto di strada sono quelli tipici delle alte vallate alpine: smottamenti di materiale sciolto, a scala locale, che interessano principalmente le morene e sono strettamente legati al periodo dello scioglimento delle nevi e delle precipitazioni autunnali.

4.2.1.2. *Traffico giornaliero medio, capacità e livello di servizio*

La strada statale n 24 (vedi disegno 1) può essere suddivisa nei tronchi: Rivoli/Alpignano (tangenziale) - Avigliana/Grangia, Avigliana/Grangia-Susa, Susa-Oulx ed Oulx-Monginevro, che, qui di seguito, vengono esaminati.

I. Tronco Rivoli/Alpignano (tangenziale) – Avigliana/Grangia

I rilevamenti di traffico, effettuati dall'Anas nel 1975, fanno pervenire, per questo tronco, ad un valore del tgm di 8.850 veicoli/giorno, con una aliquota di traffico pesante pari al 5 per cento. Per il calcolo della punta normale si è assunta la percentuale del 22 per cento. In tabella 4.2, detto tronco viene esaminato per tratti, che presentano caratteristiche fisiche e di traffico omogenee; per ciascuno di detti tratti, vengono determinati la capacità ed il livello di servizio.

Dall'esame risulta che questo tronco – che ha una carreggiata larga mediamente 6,50 m, presenta salite e tortuosità dall'abitato di Alpignano alla progressiva km 20,500 dopo Caselette, attraversa dal km 23,000 al km 25,750 la frazione Grangia del comune di Avigliana – offre, attualmente, un livello di servizio F.

II. Tronco Avigliana/Grangia – Susa

Per questo tronco si è definito, come ordine di grandezza del tgm, il valore di 6.000 veicoli/giorno, con una aliquota di traffico pesante pari al 5 per cento. Per il calcolo della punta normale si è assunta la percentuale del 18 per cento.

La strada statale suddetta, nel tratto che va dalla frazione Grangia a Borgone, ha una carreggiata larga mediamente 6,50 m, presenta un andamento planoaltimetrico tortuoso con saliscendi e curve a breve raggio alternate a brevi rettilinei, sopra tutto da Torre del Colle a Novaretto, tra le progressive km 28,000 e km 29,000, e da San Valeriano a Borgone, tra le progressive km 36,500 e km 40,000. Proseguendo verso Susa, si ha una pendenza media dell'1

Tab. 4.2 - Tronco "Rivoli/Alpignano (tangenziale) - Avigliana/Grangia": Elaborazione dei rilevamenti di traffico 1975

Tratta	Lunghezza km	Capacità livello E	Tgm	Veicoli pesanti	Punta normale	Rapporto tra punta normale e capacità	Livello di servizio
		$\frac{\text{veicoli}}{h}$					
1	2	3	$\frac{\text{veicoli}}{\text{giorno}}$ 4	% 5	$\frac{\text{veicoli}}{h}$ 6	$7 = \frac{6}{3}$	8
Alpignano - torrente Vangeirone	5,0	1.425	8.850	5	1.950	1,37	F
Torrente Vangeirone - Grangia	3,8	1.425	8.850	5	1.950	1,37	F

per cento ed è da segnalare l'attraversamento difficoltoso (forte salita con curve a gomito, prive di visibilità) dell'abitato di San Giorio; il percorso è ancora tortuoso, caratterizzato da continui bruschi saliscendi, imposti dall'attraversamento dei conoidi di deiezione delle valli laterali. Si incontrano: l'attraversamento dell'abitato di Bussoleno; un sottopasso ferroviario a sezione ristretta, con innesti in curva, poco dopo l'abitato di Bussoleno; due controcurve a 90° nella zona di Coldimosso; l'attraversamento dell'abitato di Susa, con una stretta curva in corrispondenza delle officine dell'Assa.

Dall'esame risulta che questo tronco offre, attualmente, un livello di servizio D, nei due tratti da San Giorio a Coldimosso e da Coldimosso al bivio per Tanze, mentre nei rimanenti tratti il livello di servizio è E.

In tabella 4.3 è illustrata la situazione attuale sull'intero tronco.

III. Tronco Susa-Oulx

I rilevamenti di traffico, effettuati dall'Anas nel 1975, fanno pervenire, per questo tronco, ad un valore del tgm di 5.534 veicoli/giorno, con una aliquota di traffico pesante pari al 5 per cento. Per il calcolo della punta normale si è assunta la percentuale del 15 per cento.

La strada statale suddetta ha, in questo tronco, una carreggiata larga mediamente 7,00 m. Dall'inizio delle rampe di Susa al sottopasso della ferrovia, prima dell'abitato di Chiomonte, in altre parole dalla progressiva km 56,650 alla progressiva km 60,300, la pendenza massima è del 12 per cento (con una pendenza media del 9,50 per cento su 2,2 km) ed il tracciato presenta una elevata tortuosità: si incontrano tre tornanti intervallati a curve a 90° , in località Belvedere, e l'attraversamento dell'abitato di Gravere. Proseguendo, oltre Gravere, si incontrano il sottopasso alla ferrovia, di sezione ristretta e con innesto in curva, e l'attraversamento dell'abitato di Chiomonte; il tracciato è esposto a nord ed è caratterizzato da forti saliscendi e curve, fino al bivio per Chanlà, dove attraversa la Dora Riparia per portarsi sulla sinistra orografica. Dal bivio del Chanlà, progressiva km 65,200, al bivio per le frazioni di

Tab. 4.3 - Tronco "Avigliana/Grangia-Susa". Elaborazione dei rilevamenti di traffico 1975

Tratta	Lunghezza	Capacità livello E	Tgm	Veicoli pesanti	Punta normale	Rapporto tra punta normale e capacità	Livello di servizio
	km	$\frac{\text{veicoli}}{h}$ 3	$\frac{\text{veicoli}}{\text{giorno}}$ 4	%	$\frac{\text{veicoli}}{h}$ 6	$7 = \frac{6}{3}$	8
Grangia - incrocio per Novaretto	4,1	1.425	6.000*	5*	1.080	0,76	E
Incrocio per Novaretto - San Valeriano	7,0	1.425	6.000*	5*	1.080	0,76	E
San Valeriano - ponte sulla Dora Riparia	3,7	1.425	6.000*	5*	1.080	0,76	E
Ponte sulla Dora Riparia - San Giorio	7,4	1.425	6.000*	5*	1.080	0,76	E
San Giorio - Coldimosso	3,0	1.500	6.000*	5*	1.080	0,72	D
Coldimosso - bivio per Tanze	3,2	1.500	6.000*	5*	1.080	0,72	D
Bivio per Tanze - inizio dell'abitato di Susa	1,5	1.425	6.000*	5*	1.080	0,76	E

Dato stimato.

*Dato stimato.

Cels e Ruinas, progressiva km 67,900, la pendenza è del 6 per cento ed il percorso è tortuoso. Dal km 67,900 all'innesto con la strada statale n 335 dir, la pendenza media è del 2 per cento ed il percorso è tortuoso. Inoltre, è da rilevare che in questo tratto, a causa dello smottamento della sede originaria in località Serre la Voute, avvenuto durante l'alluvione del 1957, è stato necessario dar luogo ad una variante a monte del precedente tracciato, più in alto di circa 100 m per poter raggiungere terreni stabili, la quale presenta quattro ripidi tornanti di accesso con pendenze superiori al 12 per cento.

Dall'esame risulta che questo tronco offre, attualmente, un livello di servizio F, da Susa a dopo la frana di Serre la Voute, mentre da Serre la Voute a Oulx il livello di servizio è D.

In tabella 4.4 è illustrata la situazione attuale sull'intero tronco.

IV. Tronco Oulx-Monginevro

I rilevamenti di traffico, effettuati dall'Anas nel 1975, fanno pervenire, per questo tronco, per la tratta da Cesana al confine di Stato, ad un valore del tgm di 1.392 veicoli/giorno, con una aliquota di traffico pesante pari al 6 per cento; mentre, per la tratta da Oulx a Cesana, si è definito, come ordine di grandezza del tgm, il valore di 2.000 veicoli/giorno, con una aliquota di traffico pesante pari al 6 per cento. Per il calcolo della punta normale si è assunta la percentuale del 15 per cento.

Dall'esame risulta che questo tronco offre, attualmente, un livello di servizio D, da Oulx a prima dell'abitato di Cesana; un livello di servizio F nel tratto di circa 1 km, costituito dall'attraversamento dell'abitato di Cesana; un livello di servizio E, da Cesana fino alla prima galleria, ed un livello di servizio C, dalla prima galleria al confine di Stato.

In tabella 4.5 è illustrata la situazione attuale sull'intero tronco.

Tab. 4.4 - Tronco "Susa-Oulx". Elaborazione dei rilevamenti di traffico 1975

Tratta	Lunghezza km	Capacità livello E		Tgm	Veicoli pesanti	Punta normale	Rapporto tra punta normale e capacità	Livello di servizio
		veicoli h	veicoli giorno			veicoli h		
1	2	3	4	5	6	7 = $\frac{6}{5}$	8	
Inizio dell'abitato di Susa - vallone Comba Scura	9,0	355	5.534	5	830	2,34	F	
Vallone Comba Scura - ponte sulla Dora Riparia	1,5	815	5.534	5	830	1,02	F	
Ponte sulla Dora Riparia - prima galleria dopo Exilles	3,0	400	5.534	5	830	2,07	F	
Prima galleria dopo Exilles - Deveys	1,5	610	5.534	5	830	1,36	F	
Deveys - termine della discesa di Serre la Voute	2,5	360	5.534	5	830	2,30	F	
Termine della discesa di Serre la Voute - inizio dell'abitato di Sal- bertrand	1,3	1.485	5.534	5	830	0,56	D	
Inizio dell'abitato di Salbertrand - galleria di Pont Ventoux	3,3	1.485	5.534	5	830	0,56	D	
Galleria di Pont Ventoux - Oulx	2,9	1.485	5.534	5	830	0,56	D	

Tab. 4.5 - Tronco "Oulx-Monginevro". Elaborazione dei rilevamenti di traffico 1975

Tratta	Lunghezza km	Capacità livello E		Tgm	Veicoli pesanti %	Punta normale veicoli h	Rapporto tra punta normale e capacità	Livello di servizio
		veicoli h	3	veicoli giorno 4				
1	2				5	6	$7 = \frac{6}{3}$	8
Oulx - ponte sul Rio Nero	2,5	425		2.000*	6*	300	0,70	D
Ponte sul Rio Nero - inizio dell'abitato di Cesana	7,0	540		2.000*	6*	300	0,55	D
Attraversamento dell'abitato di Cesana	1,0	270		2.000*	6*	300	1,11	F
Dopo Cesana - prima galleria	3,0	250		1.392	6	210	0,84	E
Prima galleria - confine di Stato	3,0	485		1.392	6	210	0,43	C

*Dato stimato.

4.2.2. Strada statale n 25

4.2.2.1. Situazione idrogeomorfologica

La strada statale n 25 corre parallelamente alla strada statale n 24 fino a Susa, mantenendosi sulla sponda opposta della Dora Riparia. A Susa, la strada statale in oggetto piega verso nord nord-ovest inerpicandosi lungo il versante destro della valle del Cenischia fino al passo del Moncenisio e passando lungo il lago del Moncenisio, (già in territorio francese).

Fino a Susa. Fino a Susa, la strada statale n 25 incontra condizioni litologiche, morfologiche e idrologiche molto simili a quelle descritte con riferimento alla strada statale n 24. La strada si sviluppa, in larghissima prevalenza, entro le alluvioni recenti di fondovalle e solo marginalmente interessa l'estremità frontale di alcuni conoidi, tra cui il principale è quello di Villar Focchiardo. Non sussistono, quindi, problemi di stabilità dei pendii e l'unica possibilità di dissesti è legata al verificarsi di eccezionali eventi alluvionali.

Da Susa al Moncenisio. La strada attraversa gneiss minuti e mica-scisti, nel tratto iniziale, e calcescisti, nel tratto finale; tutte queste formazioni rocciose sono largamente ricoperte da ammassi morenici e da detriti di falda. L'elevato grado di scistosità delle rocce, accoppiato alla forte pendenza del versante destro della valle, possono determinare limitati fenomeni di crollo e di smottamento, sopra tutto nel periodo dello scioglimento delle nevi, sebbene nel complesso i tagli in roccia si presentino immuni da instabilità. Analogamente, le morene ed i detriti di falda possiedono un discreto grado di compattezza e non evidenziano dissesti potenziali, all'infuori di frane molto localizzate e di cadute di massi isolati.

4.2.2.2. *Traffico giornaliero medio, capacità e livello di servizio*

La strada statale n 25 (vedi disegno 1) può essere suddivisa nei tronchi: Rivoli/Alpignano (tangenziale) — Avigliana/Grangia, Avigliana/Grangia-Susa e Susa-Moncenisio, che, qui di seguito, vengono esaminati.

I. Tronco Rivoli/Alpignano (tangenziale) — Avigliana/Grangia

I rilevamenti di traffico, effettuati dall'Anas nel 1975, fanno pervenire, per questo tronco, ad un valore del tgm di 18.170 veicoli/giorno, con una aliquota di traffico pesante pari al 5 per cento. Per il calcolo della punta normale si è assunta la percentuale del 15 per cento.

Partendo dall'innesto nel sistema delle tangenziali di Torino, la strada statale in oggetto ha una carreggiata di 13,50 m, con 4 corsie di marcia, fino a Ferriera, per poi avere una carreggiata di 7,50-8,00 m fino ad Avigliana.

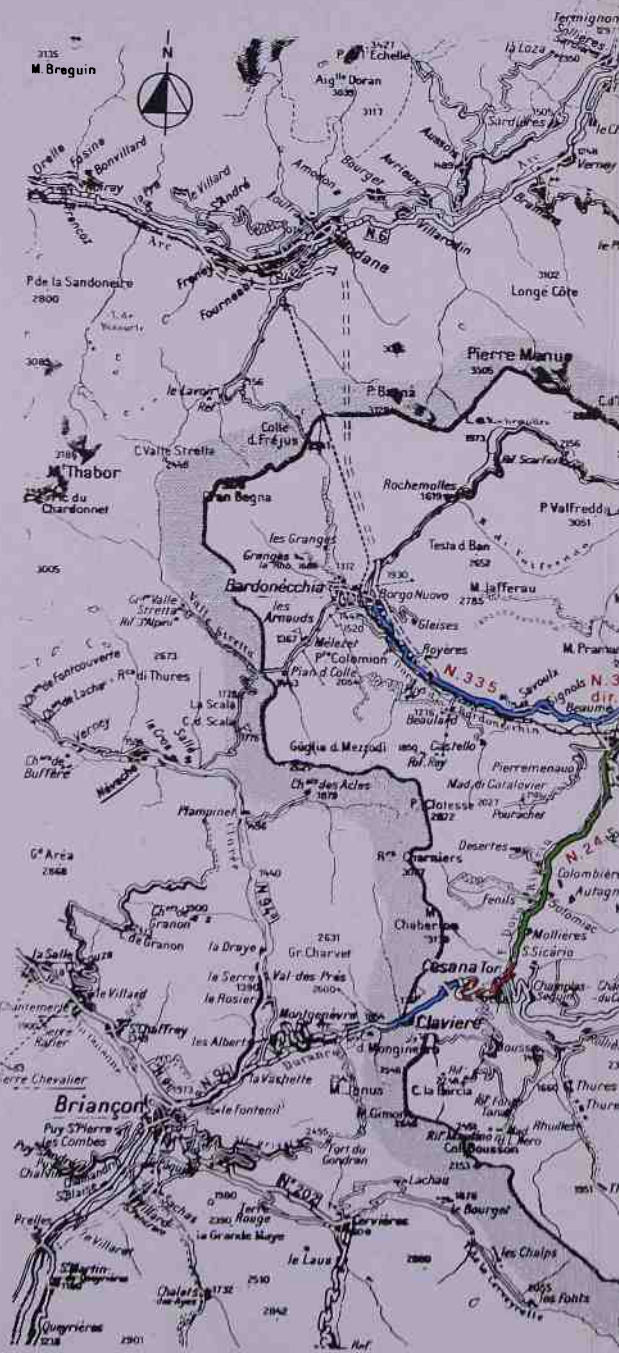
Dall'esame risulta che questo tronco offre, attualmente, un livello di servizio B, dallo svincolo della tangenziale a Ferriera, ed un livello di servizio F, da Ferriera ad Avigliana (10).

In tabella 4.6 è illustrata la situazione attuale sull'intero tronco.

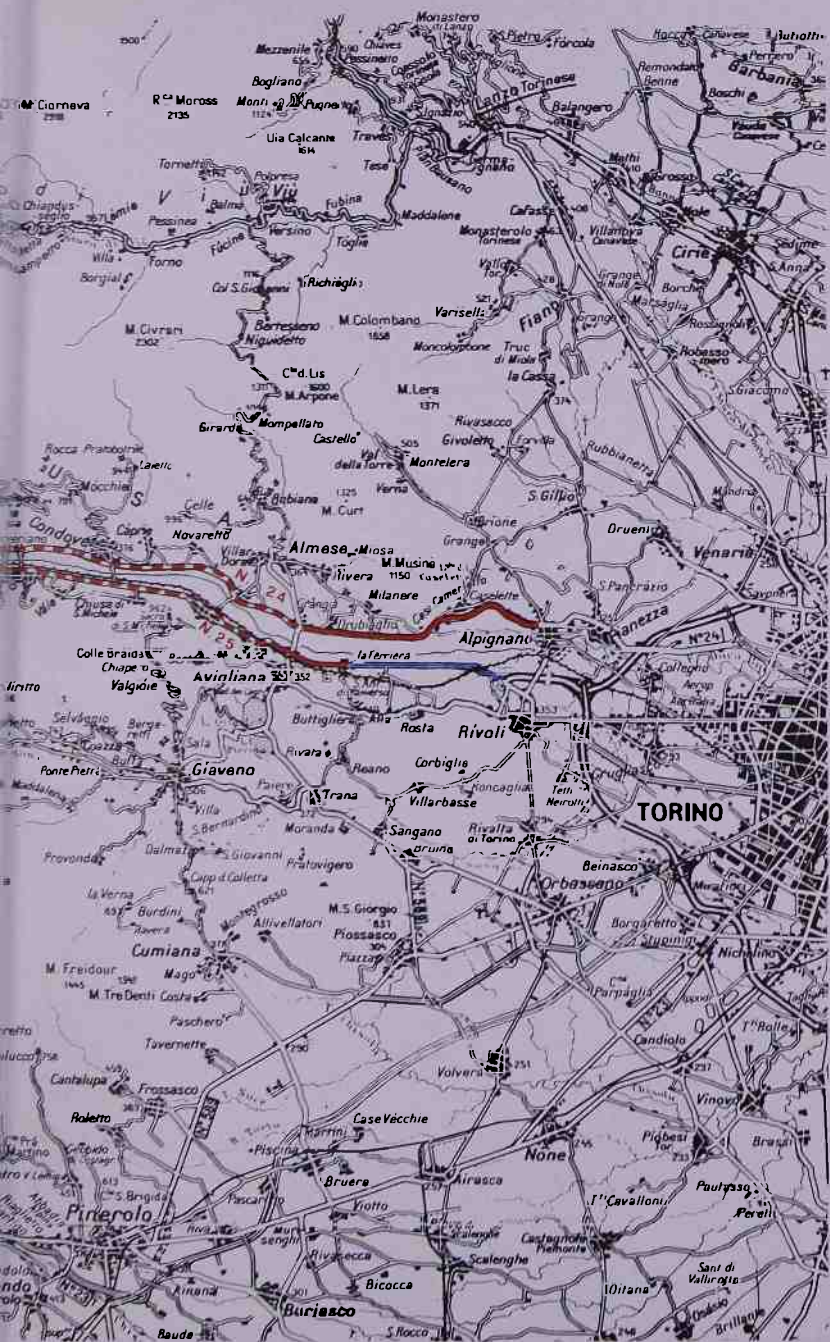
II. Tronco Avigliana/Grangia — Susa

I rilevamenti di traffico, effettuati dall'Anas nel 1975, fanno pervenire, in questo tronco, per le tratte dal ponte sul fiume Dora Riparia a Foresto e da Foresto a Susa, ad un valore del tgm, rispettivamente di 8.569 veicoli/giorno, con una aliquota di traffico pesante pari al 6 per cento, e di 4.098 veicoli/giorno, con una aliquota di traffico pesante pari al 7 per cento; per le tratte da Avigliana alla Chiusa di San Michele e dalla Chiusa di San Michele

10. Occorre, però, tenere presente che, in questo tronco, a causa della notevole presenza di costruzioni ai lati della strada, per lunghi tratti esiste il limite di velocità a 70 km all'ora.











Disegno 1.
Livelli di servizio attuali

LEGENDA

-  Livello di servizio B, C.
-  Livello di servizio D.
-  Livello di servizio E.
-  Livello di servizio F.

0 2 4 6 8 10 km

Tab. 4.6 - Tronco "Rivoli/Alpignano (tangenziale) - Avigliana/Grangia". Elaborazione dei rilevamenti di traffico 1975

Tratta	Lunghezza km	Capacità livello E	Tgm	Veicoli pesanti %	Punta normale $\frac{\text{veicoli}}{h}$	Rapporto tra punta normale e capacità	Livello di servizio
1	2	$\frac{\text{veicoli}}{h}$ 3	$\frac{\text{veicoli}}{\text{giorno}}$ 4	5	6	$7 = \frac{6}{3}$	8
Rivoli svincolo tangenziale - Ferriera di Avigliana							
	6,0	7.600	18.700	5	2.725	0,36	B
Ferriera di Avigliana - Avigliana							
	3,0	1.900	18.700	5	2.725	1,43	F

al ponte sul fiume Dora Riparia si sono definiti, come ordine di grandezza del tgm, i valori, rispettivamente, di 12.000 veicoli/giorno e di 10.000 veicoli/giorno, entrambi con una aliquota di traffico pesante pari al 5 per cento. Per il calcolo della punta normale si è assunta la percentuale del 15 per cento.

Partendo da Avigliana, la strada statale in oggetto ha una carreggiata di 7,50-8,00 m e presenta un andamento planoaltimetrico regolare, con lunghi rettilinei, alternati a curve di largo raggio. Si attraversano gli abitati di Sant'Ambrogio, Chiusa di San Michele, Sant'Antonino di Susa; prima dell'attraversamento della Dora Riparia con un ponte con innesto in curva, si incrocia la strada statale n. 24 e, subito dopo il detto ponte, vi è un altro incrocio con la strada statale n. 24. A partire da qui si incontrano gli attraversamenti degli abitati di Borgone e di Bussoleno, fortemente urbanizzati. Da Bussoleno a Susa, il percorso è caratterizzato da un lungo rettilineo con andamento pianeggiante, eccettuati due sovrappassi ferroviari ed una curva a gomito poco dopo l'abitato di Bussoleno, in prossimità del bivio per Foresto.

Dall'esame risulta che questo tronco offre, attualmente, un livello di servizio E, ad eccezione del tratto dal ponte sulla Dora Riparia a Vernetto, ove il livello di servizio è D, e del tratto dal bivio per Foresto a Susa, ove il livello di servizio è C.

In tabella 4.7 è illustrata la situazione attuale sull'intero tronco.

III. Tronco Susa-Moncenisio

I rilevamenti di traffico, effettuati dall'Anas nel 1975, fanno pervenire, per questo tronco, ad un valore del tgm, nei sei mesi in cui è aperto il valico, di 1.590 veicoli/giorno, con una aliquota di traffico pesante pari al 18 per cento. Per il calcolo della punta normale si è assunta la percentuale del 15 per cento.

Il tracciato stradale, che ha una carreggiata larga mediamente 7,00 m, registra, subito dopo Susa, pendenze del 7-9,5 per cento ed un elevato grado di tortuosità. L'ultimo tratto è caratterizzato da stretti tornanti con pendenze dal 14 per cento al 18 per cento, che rendono difficoltoso l'incrocio fra grossi veicoli.

Tab. 4.7 - Tronco "Avigliana/Grangia-Susa". Elaborazione dei rilevamenti di traffico 1975

Tratta	Lunghezza km	Capacità livello E		Tgm	Veicoli pesanti	Punta normale	Rapporto tra punta normale e capacità	Livello di servizio
		veicoli h	3	veicoli giorno	4	%	5	6
1	2							7 = $\frac{6}{3}$
Avigliana - Chiusa di San Michele	6,4	1.900		12.000*	5*	1.800	0,95	E
Chiusa di San Michele - inizio dell'abitato di Sant'Antonino	3,4	1.785		10.000*	5*	1.500	0,84	E
Attraversamento dell'abitato di Sant'Antonino	2,0	1.785		10.000*	5*	1.500	0,84	E
Fine dell'abitato di Sant'Antonino - ponte sulla Dora Riparia	2,3	1.785		10.000*	5*	1.500	0,84	E
Ponte sulla Dora Riparia - fine dell'abitato di Borgone	1,0	1.770		8.569	6	1.285	0,72	D
Fine dell'abitato di Borgone - Vermetto	4,5	1.770		8.569	6	1.285	0,72	D
Vermetto - Foresto	4,0	1.560		8.569	6	1.285	0,82	E
Foresto - inizio dell'abitato di Susa	4,5	1.675		4.098	7	615	0,37	C
Attraversamento dell'abitato di Susa	2,0	1.675		4.098	7	615	0,37	C

*Dato stimato.

Dall'esame, risulta che questo tronco offre, attualmente, un livello di servizio F.

In tabella 4.8 è illustrata la situazione attuale sull'intero tronco.

4.2.3. *Strada statale n 335*

4.2.3.1. *Situazione idrogeomorfologica*

La strada statale n 335 si sviluppa per 12 km tra Oulx e Bardonecchia, seguendo la Dora di Bardonecchia e termina 1 km a sud-ovest dell'imbocco sud della galleria stradale del Fréjus. La strada corre lungo il fondovalle, per la massima parte lungo la sponda sinistra della Dora di Bardonecchia. Nel tratto iniziale, la strada si estende in un fondovalle largo circa 500 m, passando entro alluvioni recenti ed un gruppo di conoidi nella zona di Savoulx, generalmente caratterizzati da potenziale instabilità. A monte di Beaulard, la valle si restringe bruscamente e la strada, tuttora seguendo il fondovalle, si sviluppa entro una sottile striscia di alluvioni frequentemente interrotte da detriti di falda e da affioramenti di calcescisti, che possono generare qualche problema di instabilità. Infine, nella conca di Bardonecchia la strada torna a svilupparsi sopra una serie di conoidi appiattiti, che arrivano a sovrapporsi, formando un conoide con estensione di circa 1 km². In questa area, date le ridotte pendenze, i conoidi possono considerarsi stabili.

4.2.3.2. *Traffico giornaliero medio, capacità e livello di servizio*

La strada statale n 335 (vedi disegno 1) è interamente compresa, nel suo sviluppo, nel tronco Oulx-Bardonecchia che, qui di seguito, viene esaminato.

I. Tronco Oulx-Bardonecchia

I rilevamenti di traffico, effettuati dall'Anas nel 1975, fanno pervenire, per questo tronco, ad un valore del tgm di 2.199 veico-

Tab. 48 - Tronco "Susa-Moncenisio". Elaborazione dei rilevamenti di traffico 1975

Tratta	Lunghezza km	Capacità livello E		Tgm	Veicoli pesanti	Punta normale	Rapporto tra punta normale e capacità	Livello di servizio
		veicoli h	3	veicoli giorno 4	%	veicoli h		
1	2				5	6	$7 = \frac{6}{3}$	8
Fine dell'abitato di Susa - inizio dell'abitato di Giaglione								
	1,0	230		1.590*	18*	240	1,04	F
Inizio dell'abitato di Giaglione - contrada Gilli								
	5,0	95		1.590*	18*	240	2,53	F
Contrada Gilli - Molaretto	3,5	160		1.590*	18*	240	1,50	F
Rampe di Molaretto	1,0	110		1.590*	18*	240	2,18	F
Fine delle rampe di Molaretto - confine di Stato								
	6,0	145		1.590*	18*	240	1,65	F

*Questo valore rappresenta il tgm dei sei mesi in cui il valico è aperto.

li/giorno, con una aliquota di traffico pesante pari al 6 per cento. Per il calcolo della punta normale si è assunta la percentuale del 16 per cento.

Il tracciato della strada statale suddetta, partendo dall'innesto della strada statale n 335 dir, ha una carreggiata larga mediamente 6,50-7,00 m, con punti in cui la larghezza è di soli 5,00 m. Le pendenze variano dall'1 al 2 per cento; si incontrano due passaggi a livello automatici ed un sottopasso ferroviario in curva, in prossimità dell'abitato di Bardonecchia.

Dall'esame risulta che questo tronco offre, attualmente, un livello di servizio C, con tendenza al D nei punti critici costituiti dalle possibili interruzioni della corrente di traffico dovute ai passaggi a livello.

In tabella 4.9 è illustrata la situazione attuale sull'intero tronco.

4.2.4. *Strada statale n 335 dir*

4.2.4.1. *Situazione idrogeomorfologica*

Si tratta di un breve tratto di 2,8 km, che congiunge le strade statali n 335 e n 24 tra Beaume e Pont Ventoux. La strada corre lungo l'estremità settentrionale delle alluvioni di fondovalle e lambisce quarziti, gneiss, calcari e dolomie, che affiorano abbondantemente lungo il versante sinistro della valle di Susa. Nel complesso, i pendii sono stabili; però, si dà qualche possibilità di piccole frane e di smottamenti.

4.2.4.2. *Traffico giornaliero medio, capacità e livello di servizio*

Il tracciato della strada statale si sviluppa, interamente, nel tronco Oulx-Bardonecchia.

I rilevamenti di traffico, effettuati dall'Anas nel 1975, fanno pervenire, per questa strada statale, ad un valore del tgm di 1.546 veicoli/giorno, con una aliquota di traffico pesante pari al 5 per cento. Per il calcolo della punta normale si è assunta la percentuale del 16 per cento.

Tab. 4.9 — Tronco "Oulx-Bardonecchia". Elaborazione dei rilevamenti di traffico 1975

Tratta	Lunghezza km	Capacità livello E		Tgm	Veicoli pesanti	Punta normale	Rapporto tra punta normale e capacità	Livello di servizio
		$\frac{\text{veicoli}}{h}$	$\frac{\text{veicoli}}{h}$			$\frac{\text{veicoli}}{h}$		
1	2	3	4	5	6	7	8	
Innesto della SS n 335 dir — Savoulx	3,0	1.280	2.199	6	350	0,27		C
Savoulx — primo passaggio a livello	2,3	1.485	2.199	6	350	0,23		C
Primo passaggio a livello — sottopasso alla ferrovia	3,5	1.215	2.199	6	350	0,29		C
Sottopasso alla ferrovia — Bardonecchia	1,5	1.280	2.199	6	350	0,27		C

Dall'esame risulta che questa strada statale offre, attualmente, un livello di servizio C.

In tabella 4.10 è illustrata la situazione attuale su questa strada statale.

Tab. 4.10 - Tronco "Oulx-Bardonecchia". Elaborazione dei rilevamenti di traffico 1975

Tratta	Lunghezza km	Capacità livello E	Tgm	Veicoli pesanti	Punta normale	Rapporto tra punta normale e capacità	Livello di servizio	
		$\frac{\text{veicoli}}{h}$	$\frac{\text{veicoli}}{\text{giorno}}$	%	$\frac{\text{veicoli}}{h}$			
1	2	3	4	5	6	$7 = \frac{6}{3}$	8	
Galleria Pont Ventoux -- innesto del- la SS n 335								C
	2,8	1.310	1.546	5	250	0,19		

5. LE PREVISIONI DI TRAFFICO

5.1. Traffico internazionale di merci e di persone

5.1.1. *Introduzione*

Il metodo usato si articola nelle fasi "classiche" dell'analisi del traffico, che sono le seguenti:

- a. generazione. In questa fase, si determina il traffico totale in partenza da ogni origine ed in arrivo ad ogni destinazione, alla data attuale ed alle scadenze di previsione. Se si ragiona in termini di matrice origine-destinazione, in questa fase se ne determinano i totali per riga e per colonna, ma non ancora i contenuti delle singole caselle;
- b. distribuzione. In questa fase, si determina il traffico tra ogni coppia origine-destinazione, alla data attuale ed alle scadenze di previsione. Sempre con riferimento a un'ipotetica matrice origine-destinazione, in questa fase se ne determinano i contenuti delle singole caselle. Naturalmente, il risultato della precedente fase di generazione pone un vincolo alla distribuzione, poiché i totali per riga e per colonna devono essere rispettati;
- c. ripartizione modale ed assegnazione. In queste due fasi, si determinano rispettivamente le quote di traffico, per ciascuna coppia origine-destinazione, che afferiscono a ciascun mezzo ed a ciascun percorso. Nel caso in oggetto, le due fasi si fondono in un'unica fase, poiché ad ogni transito è associato un unico mezzo (cioè, il transito è solo stradale o solo ferroviario). D'ora in

poi, chiameremo quest'unica fase "ripartizione ai transiti".

Con riferimento alla ipotetica matrice origine-destinazione, in questa fase se ne disaggrega ogni casella per mezzo e transito usato.

E' da notare che, mentre le fasi a. e b. sono da considerarsi come condizionanti la pianificazione dei trasporti, cioè non influenzabili apprezzabilmente dal decisore politico o dall'operatore tecnico, la fase c. è invece un essenziale strumento di ausilio alla decisione, poiché dipende dagli interventi che vengono fatti sia sui mezzi (nel caso in oggetto, i potenziamenti della linea ferroviaria di Modane), sia sui percorsi (sempre nel caso in oggetto, il traforo stradale del Fréjus, che equivale all'introduzione di un nuovo percorso alternativo). La struttura di questo processo è riassunta nel diagramma in figura 5.1.

In esso si evidenzia come l'ultima fase, la ripartizione ai transiti, riceva due tipi di entrate, una del resto del processo (la matrice O-D), che è da considerare condizionante, l'altra dall'operatore di decisione (interventi sui mezzi e percorsi), che è da considerare decisionale.

La fase di ripartizione costituisce un ausilio alla decisione, in quanto permette di stimare la conseguenza, in termini di traffico ai transiti, dei diversi interventi e, quindi, di determinare da quali di detti interventi conseguano le condizioni di traffico più desiderabili o, comunque, più in accordo con gli obiettivi ed i vincoli del piano.

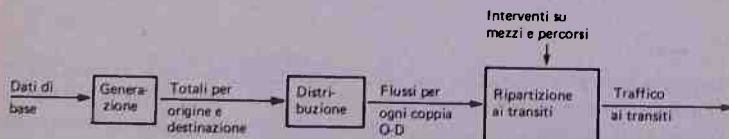


Fig. 5.1 – Diagramma del processo di previsione del traffico ai transiti.

5.1.2. *L'area di studio*

Benché la nostra attenzione si concentri sui transiti della valle di Susa, sarà necessario considerare anche gli altri transiti, piemontesi e non, che, in qualche misura, competono (1) con i primi.

Inoltre, poiché il traffico che attraversa tali transiti è solo in minima parte locale, sarà necessario estendere l'area di studio fino a comprendere tutte le principali origini e destinazioni di viaggi tra l'Italia e la Francia.

L'area è costituita, quindi, dall'Italia e dalla Francia (2), suddivise in grandi ripartizioni, ciascuna facente capo a un centro di riferimento, definite come segue:

a. per l'Italia

Area (n. d'ordine)	Composizione area	Centro di riferimento
1	Piemonte e Valle d'Aosta	Torino
2	Liguria	Genova
3	Resto Italia settentrionale (esclusa l'Emilia)	Brescia
4	Emilia, Italia centrale e Sardegna	Firenze
5	Italia meridionale e Sicilia	Reggio Calabria

1. In teoria, tutti gli altri transiti usati per le comunicazioni con la Francia possono competere con quelli della valle di Susa; sul terreno operativo, non si può trascurare il transito di Mentone, tra quelli ferroviari, ed il traforo del Monte Bianco, tra quelli stradali.

2. In un primo tempo, si sono inclusi esplicitamente altri paesi europei, quali la Jugoslavia, la Gran Bretagna e la Spagna. Ma, in seguito all'analisi dei dati, vista l'esiguità della loro incidenza, congiunta alla irreperibilità di dati adeguatamente dettagliati, si è preferito includerle convenzionalmente nelle ripartizioni italiane o francesi più vicine, senza analizzarle in modo esplicito.

b. per la Francia

Area (n. d'ordine)	Composizione area	Centro di riferimento
1	Lionese, Rodano, Savoia	Lione
2	Provenza, Costa Azzurra, Linguadoca	Marsiglia
3	Regione Parigina e nord- est della Francia	Parigi
4	Nord-ovest della Francia	Bordeaux.

Nel seguito, tali ripartizioni verranno chiamate anche “zone” e verranno indicate o col loro numero d'ordine o, più frequentemente, con il nome del loro centro di riferimento. Così si dirà “Torino” in luogo di “Piemonte e Valle d'Aosta” e così via.

I confini delle ripartizioni sopra definite sono riportati nella pianta in figura 5.2.

Ai fini dello studio, i transiti considerati come rilevanti sono i seguenti:

a. transiti ferroviari:

1. Ventimiglia;
2. Modane;
3. Domodossola (3);

b. transiti stradali:

4. Mentone;
5. Monginevro;
6. Monte Bianco (traforo);
7. Moncenisio;
8. Maddalena;
9. Col di Tenda (traforo);
10. Fréjus (traforo) (4).

3. Il transito di Domodossola è sulla frontiera con la Svizzera; tuttavia, esso viene parzialmente usato anche per comunicazioni con il nord della Francia e con la Gran Bretagna.

4. Non ancora in esercizio.



Fig. 5.2 – Articolazione in zone dell'area di studio

Informazioni più dettagliate sulle caratteristiche di tali transiti saranno date in 5.1.5.

L'ubicazione dei transiti elencati, inseriti nel contesto delle principali vie di comunicazione italiane e francesi, è mostrata nella pianta in figura 5.3.

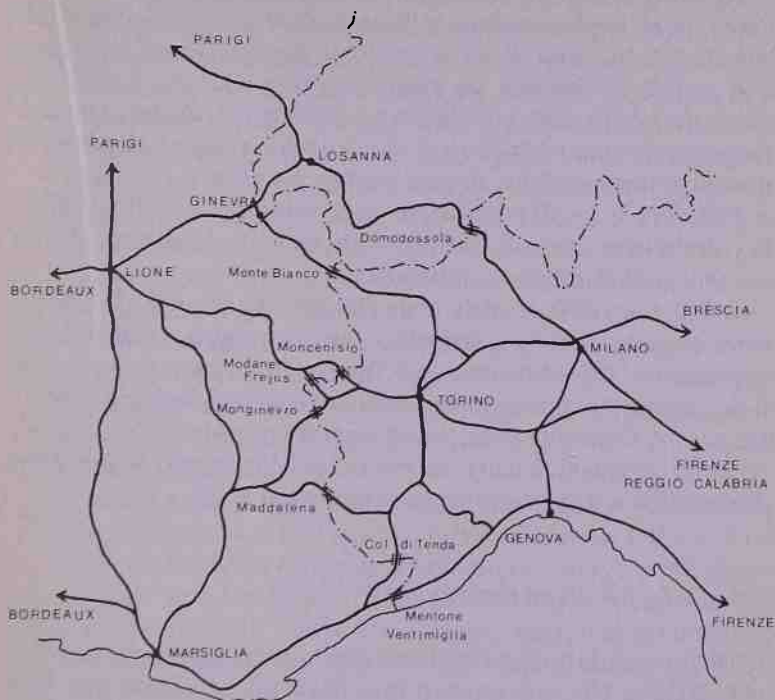


Fig. 5.3 – Ubicazione dei transiti rispetto alle principali vie di comunicazione

5.1.3. La fase di generazione

5.1.3.1. Introduzione

Come si è già detto, questa fase ha lo scopo di determinare il traffico totale in partenza da ogni origine ed in arrivo ad ogni destinazione. Detta fase si articola come segue:

- a. previsioni demografiche per le zone di indagine;
- b. previsioni del traffico totale tra Italia e Francia, nei due sensi;
- c. previsione del traffico totale da e verso ciascuna zona.

Prima di procedere nell'esposizione dei dettagli tecnici, è bene delineare in modo succinto le linee metodologiche fondamentali che stanno alla base di questa articolazione. L'ipotesi generale è che, ai fini previsionali, sia possibile sfruttare la correlazione esistente tra entità della popolazione e traffico (5), qualora tale correlazione sia abbastanza buona. A tale scopo, vengono elaborate le previsioni demografiche, sia nazionali sia per zona.

Dalle previsioni di popolazione nazionale viene dedotto, tramite la correlazione citata, il traffico totale tra i due paesi, senza distinzione di zona di origine o destinazione.

Infine, tale traffico totale viene disaggregato rispetto alle origini, determinando così la generazione vera e propria e rispetto alle destinazioni, determinando così l'attrazione. Anche nella fase di disaggregazione, è necessario usare le previsioni demografiche, in tal caso a livello di zona; ciò completa il quadro di motivi che rendono strumentalmente necessaria l'elaborazione di previsioni demografiche, preliminarmente ad ogni altro passo.

5.1.3.2. *Le previsioni demografiche*

Da quanto detto in precedenza risulta chiaro che le previsioni di popolazione che qui saranno introdotte ed adoperate non sono finalizzate ad una analisi demografica, ma ad una utilizzazione come supporto strumentale per le previsioni di traffico. Esse sono, quindi, basate su ipotesi relativamente semplici e, tuttavia, sufficienti per lo scopo enunciato.

Per quanto riguarda le popolazioni a livello nazionale, possiamo fare riferimento a previsioni elaborate da altri studiosi o da organismi internazionali.

In particolare, sono state utilizzate le seguenti fonti:

5. Si parla volutamente di "correlazione", e non di "dipendenza". La dimensione demografica non è necessariamente la migliore variabile esplicativa del traffico; è solo la più comoda strumentalmente in quanto è quella più agevolmente prevedibile.

Variabili economiche, quali il reddito od il prodotto nazionale lordo, sarebbero senz'altro più esplicative, ma l'aleatorietà che accompagna le loro previsioni annulla tale vantaggio.

- a. le previsioni demografiche elaborate dall'Ocde, per ciascun paese membro (e, quindi, anche per l'Italia e la Francia). Tali previsioni sono elaborate con l'ausilio dei rispettivi istituti centrali di statistica, in particolare l'Istat per l'Italia e l'Insee per la Francia; inoltre, i dati per esse utilizzati non superano il 1970, per cui esse non tengono conto delle ripercussioni demografiche dei fenomeni recessivi verificatisi dopo tale epoca. Ciononostante, esse rappresentano l'unica fonte che fornisca risultati internazionali metodologicamente coerenti e confrontabili;
- b. le previsioni demografiche elaborate da Ornello Vitali (6), relativamente alle regioni italiane e all'Italia nel suo complesso. Tali previsioni rivestono un particolare interesse in quanto sono interregionali; esse, quindi, sono d'ausilio nella disaggregazione delle previsioni totali relativamente alle aree di studio qui assunte. Purtroppo, non è stato possibile reperire uno studio analogo relativamente alla Francia;
- c. le serie storiche della popolazione, risultanti dai censimenti e dai conti anagrafici. Un riassunto internazionale di tali dati è reperibile in: *Statistica regionale, Popolazione, occupazione, condizioni di vita*, Eurostat (1975, Luxemburg). Naturalmente, per quanto riguarda l'Italia e la Francia, i dati riportati nella pubblicazione citata sono quelli forniti rispettivamente dall'Istat e dall'Insee.

Com'è consuetudine in campo demografico, si è ritenuto opportuno considerare due ipotesi. Dette ipotesi fanno riferimento, rispettivamente, alla presenza di movimenti migratori internazionali accentuati (questo è il caso delle previsioni Ocde) ed alla presenza di movimenti migratori ridotti, quali ad esempio quelli verificatisi nell'andamento passato, relativo al decennio 1964-1974 (questo è il caso delle previsioni ottenute per estrapolazione).

Nella tabella 5.1 sono riportate e confrontate le previsioni dell'Ocde e quelle ottenute mediante l'applicazione dello stesso tasso d'incremento registrato nell'ultimo decennio.

6. Ornello Vitali, *La crisi italiana: il problema della popolazione*, Franco Angeli editore, Milano, 1976.

Tab. 5.1 – Previsioni della popolazione totale nel periodo 1977-1989* (migliaia di unità)

Anno	Previsioni Ocde		Previsioni da trend passato	
	Italia	Francia	Italia	Francia
1977	56.406	54.103	56.538	53.825
1980	57.250	55.879	57.742	55.184
1983	58.076	57.742	58.973	56.578
1986	58.914	59.669	60.229	58.006
1989	59.763	61.659	61.513	59.471

*Confronto tra le previsioni Ocde e le estrapolazioni con tasso d'incremento pari a quello medio del decennio 1964-1974.

I tassi di incremento annui medi, secondo le due ipotesi, sono riportati in tabella 5.2.

Tab. 5.2 – Tassi di incremento medi annui corrispondenti alle due considerate ipotesi di sviluppo demografico (percentuale)

	Ipotesi Ocde	Trend 1964-1974
Italia	0,48	0,71
Francia	1,10	0,83

Si fa notare che la Francia ha una dinamica demografica più accentuata dell'Italia, in ambedue i casi; tuttavia, i due tassi non si discostano molto nel periodo 1964-1974, mentre differiscono di oltre il 50 per cento nelle previsioni Ocde. La ragione di ciò è chiara: la presenza di movimenti migratori accentuati favorisce la Francia che attrae immigrati e sfavorisce l'Italia che genera emigrati. La differenza tra le due ipotesi sembra marcata; tuttavia, come verrà dimostrato in 5.1.3.3, per quanto attiene agli effetti della previsione di traffico, essa è trascurabile. Qui ci si limita ad accennarne il motivo: il traffico totale aumenta in ragione diretta del prodotto delle due popolazioni e tale prodotto assume valori pressoché uguali in ambedue le ipotesi. Per via di tale considerazione, in quanto segue sarà sufficiente limitarsi ad una sola delle due

ipotesi. Si farà riferimento alla prima, cioè alle previsioni Ocde, e ciò per due ordini di motivi:

- a. per quanto riguarda l'Italia, esse forniscono valori simili a quelli delle previsioni elaborate da studiosi italiani, quali il Vitali (6), rispetto alle quali l'estrapolazione del trend passato risulta piuttosto alta;
- b. l'ipotesi Ocde è una ipotesi lievemente più prudentiale dell'altra, in quanto induce la previsione di quantità di traffico maggiore, sia pure di poco; sembra, quindi, più opportuno assumerla ai fini della pianificazione.

Le previsioni Ocde sono state disaggregate secondo le ripartizioni territoriali di cui in 5.1.2, basandosi sulle ipotesi che seguono.

Per l'Italia, si sono sostanzialmente assunti gli andamenti previsti da Vitali, con modifiche sensibili solo per quanto riguarda il Piemonte e la Valle d'Aosta, area per la quale sono state utilizzate le previsioni elaborate dall'Ires, e per quanto riguarda la Liguria, area per la quale è stata estrapolata la tendenza alla diminuzione (come percentuale sul totale nazionale) registrata nell'ultimo decennio

Per la Francia, non è stato possibile reperire previsioni disaggregate regionalmente, per cui è stato necessario approntarle autonomamente. Dall'esame dei dati relativi al decennio passato (di fonte Eurostat ed Insee), si è potuto verificare una semplice ipotesi di movimenti migratori interzonal in base alla quale Marsiglia è praticamente in equilibrio (cioè, la sua dimensione demografica percentuale resta costante), mentre le altre tre zone sono legate dai tassi di transizione riportati in tabella 5.3.

Tab. 5.3 – Schema dei principali movimenti migratori tra le zone della Francia

<i>Origine</i>	<i>Destinazione</i>		
	<i>Lione</i>	<i>Parigi</i>	<i>Bordeaux</i>
Lione	1,0000	0,0000	0,0000
Parigi	0,0000	1,0000	0,0000
Bordeaux	0,0010	0,0019	0,9970

In sostanza, si hanno due zone di immigrazione, Lione e Parigi, ed una zona di emigrazione, Bordeaux (che, si ricorda, è in realtà tutto l'ovest della Francia), da cui ogni anno emigra lo 0,10 per cento della popolazione verso Lione e lo 0,19 per cento verso Parigi.

Questo schema è senz'altro rozzo; tuttavia, esso permette di riprodurre, in modo quasi perfetto, i dati relativi al periodo 1970-1974, in cui i tassi di emigrazione riportati in tabella 5.3 sono stati calibrati. A titolo di esempio, riportiamo in tabella 5.4 il confronto fra le dimensioni relative (in percentuale sul totale nazionale) delle zone, effettiva e calcolata con i tassi di transizione di tabella 5.3.

Tab. 5.4 – Dimensione relativa delle zone francesi negli anni 1970-1974 (percentuale)

<i>Zona</i>	<i>1970</i>	<i>1971</i>	<i>1972</i>	<i>1973</i>	<i>1974</i>	<i>*</i>
Lione	8,98	9,03	9,06	9,09	9,13	R
	8,98	9,02	9,07	9,09	9,12	C
Marsiglia	10,50	10,51	10,52	10,51	10,50	R
	10,51	10,51	10,51	10,51	10,51	C
Parigi	44,61	44,67	44,75	44,81	44,88	R
	44,61	44,68	44,74	44,82	44,88	C
Bordeaux	35,91	35,79	35,67	35,58	35,50	R
	35,91	35,80	35,70	35,60	35,50	C

*R = dati reali (fonte: Eurostat), C = dati calcolati.

A conclusione delle considerazioni demografiche, si riportano nelle tabelle 5.5 e 5.6, per l'arco di previsione considerato, le popolazioni per ciascuna zona italiana e francese, calcolate in conformità alle ipotesi sopra esposte.

Tab. 5.5 – Previsione della popolazione nelle zone italiane (migliaia di unità)

Anno	Zona					Totale
	Torino	Genova	Brescia	Firenze	Reggio Calabria	
1977	4.622	1.903	15.349	17.855	16.677	56.406
1980	4.718	1.924	15.579	18.121	16.908	57.250
1983	4.782	1.946	15.804	18.383	17.161	58.076
1986	4.837	1.968	16.032	18.649	17.428	58.914
1989	4.883	1.990	16.263	18.917	17.710	59.763

Tab. 5.6 – Previsioni della popolazione nelle zone francesi (migliaia di unità)

Anno	Zona				Totale
	Lione	Marsiglia	Parigi	Bordeaux	
1977	4.995	5.686	24.390	19.032	54.103
1980	5.217	5.873	25.302	19.487	55.879
1983	5.452	6.069	26.261	19.960	57.742
1986	5.695	6.271	27.257	20.446	59.669
1989	5.949	6.480	28.283	20.947	61.659

5.1.3.3. Le previsioni del traffico totale

La relazione flusso popolazione

In 5.1.3.2 si è detto che viene ipotizzata l'esistenza di una correlazione tra popolazione e flusso di traffico (tra Italia e Francia). L'ipotesi più semplice è che tale flusso sia una funzione crescente del prodotto delle due popolazioni; questo è un caso particolarmente semplice di ipotesi "gravitazionale", per cui il traffico è direttamente proporzionale sia al peso dell'origine sia a quello della destinazione.

Il semplice prodotto può presentare però degli inconvenienti, poiché è troppo sensibile agli incrementi delle due popolazioni (ad

esempio: se ambedue le popolazioni si raddoppiano, il traffico si quadruplica). Si può attenuare questa sensibilità considerando la radice quadrata di tale prodotto: questa è la media geometrica delle due popolazioni, ed è un modo molto naturale di introdurre la popolazione nella ipotesi che è stata prima prospettata.

In termini matematici, definite le quantità:

P = popolazione all'origine;

Q = popolazione alla destinazione;

ϕ = flusso di traffico dall'origine alla destinazione, misurato in unità opportune (tonnellate annue, passeggeri annui ecc.);

si assume la relazione:

$$\phi = f(\sqrt{PQ}),$$

in cui f è una funzione da determinare sperimentalmente.

Tra le forme funzionali utili, le più semplici e comode sono le seguenti:

a. forma lineare:

$$\phi = a\sqrt{PQ} - b \quad \text{con } a \text{ e } b \text{ parametri,}$$

in cui il flusso aumenta con la media geometrica delle popolazioni secondo un andamento rettilineo;

b. forma esponenziale:

$$\phi = k(\sqrt{PQ})^\alpha \quad \text{con } k \text{ ed } \alpha \text{ parametri,}$$

in cui il flusso aumenta con la media geometrica delle popolazioni secondo un andamento curvilineo avente elasticità pari ad α .

La scelta tra le due forme va fatta in funzione della migliore aderenza ai dati sperimentali. In seguito, si vedrà che, nel caso che si sta discutendo, la forma a. si adatta meglio al traffico di merci, mentre la forma b. si adatta meglio al traffico di passeggeri.

Prima di concludere questo punto, si dimostra, come preannunciato in 5.1.3.2, che le due previsioni demografiche di cui in tabel-

la 5.1 sono praticamente indistinguibili ai fini delle previsioni di traffico. Nell'ipotesi fatta, il flusso dipende esclusivamente dalla media geometrica delle due popolazioni, sia che si usi la forma a. sia che si usi la forma b.. Pertanto, per giudicare il grado di diversità delle due ipotesi, è sufficiente confrontare le corrispondenti medie geometriche, anno per anno. I calcoli sono riportati in tabella 5.7.

Tab. 5.7 – Confronto tra le medie geometriche calcolate sulle due previsioni demografiche considerate

Anno 1	\sqrt{PQ} ipotesi Ocde 2 (migliaia di unità)	\sqrt{PQ} trend 1964-1974 3	$\frac{ 2-3 }{2}$ 4 (%)
1977	55.243	55.165	0,14
1980	56.560	56.449	0,20
1983	57.912	57.763	0,25
1986	59.290	59.107	0,31
1989	60.704	60.483	0,36

Nell'ultima colonna della tabella sono indicate le differenze percentuali, le quali, benché crescenti col tempo, sono tutte nettamente al di sotto dell'1 per cento.

Com'è evidente, le differenze tra le due colonne sono minime e, comunque, non tali da giustificare l'elaborazione dettagliata delle due ipotesi alternative; tra l'altro, è opportuno notare che una differenza dell'1 per cento è inferiore all'errore dal quale sono affetti la più parte dei dati che si usano. Poiché, come si può vedere, le stime corrispondenti all'ipotesi Ocde sono lievemente maggiori di quelle corrispondenti all'extrapolazione del trend 1964-1974, si adotteranno, prudenzialmente, le prime per elaborare le previsioni di traffico.

Verifica sperimentale per il traffico di merci

Per quanto riguarda le merci, da una indagine dell'Uicf (Union International des Chemins de Fer) si ricavano i dati relativi ai movimenti da e per la Francia avvenuti nel periodo 1969-1974. Su

tali dati, congiunti a quelli demografici, sono state adattate, col metodo dei minimi quadrati, le forme funzionali descritte poco sopra. Il risultato migliore è stato ottenuto con la forma a., cioè con la relazione lineare. Il risultato di tali calcoli è presentato in quanto segue.

Per quanto attiene al flusso dall'Italia alla Francia indicato con ϕ_{IF} il numero di migliaia di tonnellate di merci che transitano annualmente, attraverso il confine, dall'Italia alla Francia, si è ottenuta la relazione:

$$\phi_{IF} = 0,6144 \sqrt{PQ} - 29411,$$

in cui:

P = popolazione italiana totale (in migliaia di unità);

Q = popolazione francese totale (in migliaia di unità).

Il grado di bontà della corrispondenza di tale relazione ai dati reali è descritto sinteticamente dai seguenti parametri:

coefficiente di correlazione $r = 0,9250$;

coefficiente di determinazione $r^2 = 85,57$ per cento;

errore quadratico medio di stima $\sigma = 183$.

Complessivamente, la correlazione si può considerare molto buona, poiché il coefficiente di correlazione è vicino ad 1 e la percentuale di variazione spiegata (coefficiente di determinazione) supera l'85 per cento. L'errore quadratico medio di stima può essere utilizzato qualora si vogliano calcolare intervalli di confidenza per i flussi previsti. Un quadro più completo della bontà della correlazione si ha esaminando l'intera gamma dei valori degli errori percentuali. Il confronto tra flussi sperimentali e flussi calcolati, con i corrispondenti errori assoluti e relativi, è riportato in tabella 5.8. La corrispondenza tra i due flussi appare buona ed il massimo errore relativo registrato supera di poco il 10 per cento. L'andamento della relazione ottenuta, confrontato con i dati sperimentali, è tracciato nel grafico di figura 5.4.

Per quanto attiene al flusso dalla Francia all'Italia, indicato con ϕ_{FI} il numero di migliaia di tonnellate di merci che transitano

annualmente, attraverso il confine, dalla Francia all'Italia, si è ottenuta la relazione:

$$\phi_{FI} = 1,6564 \sqrt{PQ} - 79994,$$

in cui P e Q sono definite come in precedenza.

Tab. 5.8 – Traffico di merci Italia-Francia. Confronto tra flusso sperimentale e flusso calcolato nel periodo 1969-1974

Anno	\sqrt{PQ}	ϕ_{IF}		Errore	
		Sperimen- tale	Calcola- to	Assoluto	Relativo
1	2	3	4	5 = 4-3	6 = $\frac{4-3}{3}$
		(migliaia di tonnellate)			(%)
1969	51.798	2.507	2.416	- 91	- 3,63
1970	52.192	2.406	2.658	252	10,47
1971	52.612	2.888	2.916	28	0,97
1972	53.038	3.418	3.177	-241	- 7,05
1973	53.516	3.627	3.471	-156	- 4,30
1974	53.907	3.497	3.711	214	6,12

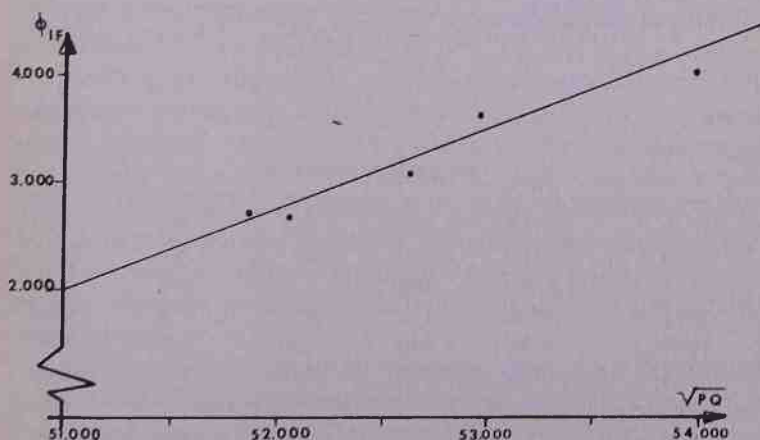


Fig. 5.4 – Traffico di merci Italia-Francia in funzione della media geometrica delle due popolazioni

Il grado di bontà della corrispondenza di tale relazione ai dati reali è descritto sinteticamente dai seguenti parametri:

coefficiente di correlazione $r = 0,9717$;
 coefficiente di determinazione $r^2 = 94,42$ per cento;
 errore quadratico medio di stima $\sigma = 296$.

Complessivamente, si ha una correlazione anche migliore di quella ottenuta per il flusso dall'Italia alla Francia, poiché il coefficiente di correlazione è molto vicino ad 1 e la percentuale di variazione spiegata (coefficiente di determinazione) è del 94 per cento. Tutto ciò è confermato anche dall'esame della tabella 5.9, contenente il confronto tra flussi sperimentali e flussi calcolati; in detta tabella si vede che, nonostante gli errori assoluti siano in media più alti che in precedenza, gli errori relativi sono in media più bassi, ed il più elevato di essi supera di poco il 7 per cento. L'andamento della relazione ottenuta, confrontato con i dati sperimentali, è tracciato nel grafico di figura 5.5.

Tab. 5.9 – Traffico di merci Francia-Italia. Confronto tra flusso sperimentale e flusso calcolato nel periodo 1969-1974

Anno	\sqrt{PQ}	Φ_{IF}		Errore	
		Sperimen- tale	Calcola- to	Assoluto	Relativo
1	2	3	4	5 = 4-3	6 = $\frac{4-3}{3}$
(migliaia di tonnellate)					(%)
1969	51.798	5.411	5.804	393	7,26
1970	52.192	6.850	6.457	-393	-5,74
1971	52.612	7.388	7.153	-235	-3,18
1972	53.038	7.852	7.858	6	0,08
1973	53.516	8.270	8.650	380	4,59
1974	53.907	9.453	9.298	-135	-1,43

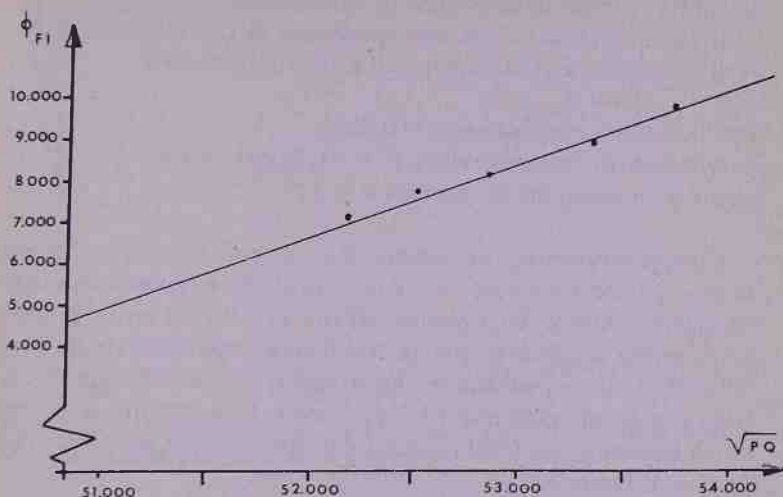


Fig. 5.5 - Traffico di merci Francia-Italia in funzione della media geometrica delle due popolazioni

Verifica sperimentale per il traffico di persone

Il traffico di persone tra l'Italia e la Francia, avvenuto nel periodo 1969-1974, può essere calcolato a partire dai dati raccolti dall'Enit e dalle Ferrovie Francesi.

A differenza delle merci, nel caso dei passeggeri non si potrà distinguere per senso di marcia, ma si considereranno i due sensi di marcia aggregati: ciò è dovuto a carenza di dati più disaggregati, per quanto riguarda le ferrovie. Su tali dati, congiunti a quelli demografici, sono state adattate, con il metodo dei minimi quadrati, le forme funzionali descritte in precedenza. Il risultato migliore è stato ottenuto con la forma b., cioè con una relazione esponenziale ad elasticità costante. Il risultato di tali calcoli è presentato in quanto segue.

Indicato con ϕ il numero di passeggeri (in migliaia di unità) che transita annualmente, attraverso il confine, tra Italia e Francia, nei due sensi di marcia sommati, si è ottenuta la relazione:

$$\phi = 1,4081 \cdot 10^{-11} (\sqrt{PQ})^{3,2089}$$

in cui P e Q sono definite come in precedenza.

Il grado di bontà della corrispondenza di tale relazione ai dati reali è descritto sinteticamente dai seguenti parametri:

coefficiente di correlazione $r = 0,9553$;
 coefficiente di determinazione $r^2 = 91,26$ per cento;
 errore quadratico medio di stima $\sigma = 225$.

Complessivamente, la correlazione si può considerare molto buona, poiché r è vicino ad 1 e la percentuale di variazione spiegata (coefficiente di determinazione) supera il 90 per cento. Il giudizio è ancora migliore se si considera il confronto riportato in tabella 5.10 in cui si può vedere che gli errori percentuali sono molto bassi e non superano mai l'1,7 per cento. L'andamento della relazione ottenuta, confrontato con i dati sperimentali, è riportato nel grafico di figura 5.6.

*Tab. 5.10 – Traffico di passeggeri tra Francia e Italia nei due sensi. Confronto tra flusso sperimentale e flusso calcolato nel periodo 1969-1973**

Anno	\sqrt{PQ}	ϕ_{IF}		Errore	
		Sperimen- tale	Calcola- to	Assoluto	Relativo
1	2	3	4	5 = 4-3	6 = $\frac{4-3}{3}$
		(migliaia di persone)			(%)
1969	51.798	18.754	18.896	142	0,76
1970	52.192	19.679	19.361	-318	-1,62
1971	52.612	19.574	19.865	291	1,49
1972	53.038	20.588	20.386	-202	-0,98
1973	53.516	20.900	20.981	81	0,39

*Il dato relativo al 1974 non è stato usato nel calcolo in quanto presenta una brusca diminuzione di traffico, che non si è però ripetuta negli anni 1975 e seguenti; esso è stato quindi considerato un caso anomalo e non estrapolabile.

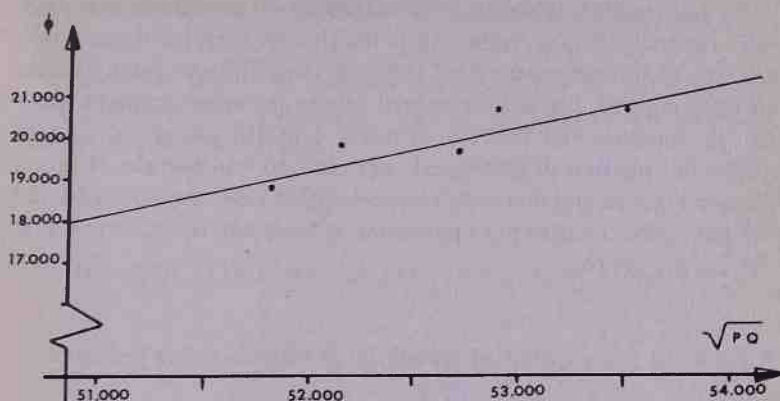


Fig. 5.6 – Traffico di passeggeri tra Francia e Italia nei due sensi in funzione della media geometrica delle due popolazioni

I risultati

Le previsioni di traffico internazionale, relative al periodo 1977-1989, sono ottenute applicando le formule di cui in precedenza ai valori futuri (previsti) della media geometrica delle popolazioni (colonna 1 della tabella 5.7).

I risultati ottenuti sono quelli riportati in tabella 5.11.

Tab. 5.11 – Traffico annuo previsto tra Italia e Francia

Anno	Merci			Persone
	Dall'Italia alla Francia	Dalla Francia all'Italia (migliaia di tonnellate)	Totale nei due sensi	(nei due sensi) (migliaia di unità)
1977	4.533	11.514	16.047	23.232
1980	5.341	13.692	19.033	25.057
1983	6.168	15.920	22.088	27.024
1986	7.017	18.210	25.227	29.149
1989	7.378	19.183	26.561	31.439

Su tali risultati si possono fare alcune brevi considerazioni generali. Innanzitutto, si vede che il traffico di merci è sopra tutto traffico di importazione per l'Italia, poiché il flusso dalla Francia all'Italia è oltre due volte e mezzo quello nel senso opposto. Inoltre, la dinamica del traffico di merci è molto più accentuata di quella del traffico di passeggeri: nel periodo considerato, il flusso di merci (totale nei due sensi) cresce con un tasso annuo medio del 4,3 per cento, mentre per i passeggeri il tasso corrispondente è solo del 2,5 per cento.

5.1.3.4. *La generazione ed attrazione di traffico totale per zona*

Il modello

Le previsioni della tabella 5.11 concernono i flussi totali, senza distinzione di origine o di destinazione. Per disaggregare tali flussi secondo le zone di origine (o di destinazione), si può avanzare l'ipotesi che il flusso in uscita (od in entrata) da una data zona sia proporzionale alla popolazione di quest'ultima, nonché ad un fattore specifico di generazione (o di attrazione) tipico della zona.

In simboli, se si definiscono le grandezze:

- P_j = popolazione della zona j ;
- ϕ = flusso totale in uscita (od in entrata);
- W_j = fattore specifico di generazione (o di attrazione) zonale;
- F_j = traffico totale generato da (od attratto verso) la zona j , in cui j è un indice che contraddistingue le zone francesi (o italiane);

l'ipotesi si traduce nella formula:

$$F_j = \phi (W_j P_j) / (\sum_j W_j P_j). \quad [1]$$

Per usare questa formula è necessario conoscere il valore dei fattori specifici zonal, W_j . La loro stima è oggetto di quanto segue.

I dati di entrata ed il calibramento

I valori dei fattori W_j possono essere calcolati in funzione delle altre quantità che compaiono nella [1]. E' immediato verificare che per essi vale la formula:

$$W_j = F_j/P_j. \quad [2]$$

Infatti, se nella [1] si sostituisce ai W_j i valori F_j/P_j , si ha:

$$F_j = \phi \frac{(F_j/P_j) P_j}{\sum_j (F_j/P_j) P_j} = \phi \frac{F_j}{\sum_j F_j} = \phi \frac{F_j}{\phi} = F_j,$$

e l'identità è verificata.

La [2] permette di calcolare i valori di W_j ad una data di riferimento, qualora a tale data siano noti i valori di F_j e di P_j . Poiché i P_j sono le popolazioni di ciascuna zona, cioè quantità note, i nuovi dati di entrata necessari sono costituiti dagli F_j , cioè dal traffico totale in uscita ed in entrata per ogni zona. In questo campo, i dati disponibili non sono molti: in questo studio, per quanto riguarda le merci, sono stati utilizzati i dati forniti dall'Eurostat sul movimento di merci tra le regioni europee, i quali si riferiscono all'anno 1970; per quanto riguarda i passeggeri, sono stati utilizzati dati tratti da una indagine dell'Uicf (Union Interantional des Chemins de Fer), relativa ai movimenti di persone tra regioni italiane e regioni francesi nel 1974. Per ambedue le fonti è necessario precisare che esse forniscono dati solo relativamente ai movimenti su ferrovia: nel caso delle merci, ciò è dovuto alla mancanza o totale inattendibilità (ammessa dalla fonte) dei dati relativi ai movimenti su strada; nel caso dei passeggeri, ciò è dovuto ad esplicita limitazione delle indagini a tale tipo di traffico, coerentemente d'altronde con i fini istituzionali dell'Uicf; inoltre, per i passeggeri, vale ancora il fatto che i dati non sono disaggregati secondo la direzione.

A partire da tali dati sono state stimate le generazioni ed attra-

zioni totali, semplicemente ripartendo proporzionalmente ad essi i totali di traffico tra i due paesi, relativi rispettivamente al 1970, per le merci, ed al 1974, per i passeggeri. Ciò equivale a considerare il traffico ferroviario come un campione rappresentativo del traffico totale; ciò non è necessariamente vero, poiché è possibile immaginare, ad esempio, zone che generano elevato traffico su ferrovia e scarso traffico su strada. Comunque, in linea di massima e per paesi sviluppati quali quelli in questione, sembra sufficientemente lecito supporre che laddove si genera (o viene attratto) il traffico ferroviario, in misura quasi proporzionale si genera (o viene attratto) anche il traffico su strada. Questa ipotesi non sarebbe certo valida ad una scala più disaggregata (poiché, ad esempio, una data origine potrebbe essere priva di collegamenti ferroviari e, tuttavia, avere elevato traffico stradale); ma è senz'altro valida con le zone in oggetto, le quali, si ricorda, non scendono al di sotto della scala regionale. I dati, così colcolati, sono riportati nelle tabelle 5.12 e 5.13.

Con tali dati, uniti ai dati relativi alle popolazioni zonali, è possibile calcolare i fattori specifici mediante la [2]. I risultati di tali calcoli sono riportati nelle tabelle 5.14 e 5.15. Per facilitarne il confronto, i risultati sono stati normalizzati, in modo che il loro totale sia uguale a 100. Ciò non comporta alcuna modifica al modello proposto, poiché è immediato constatare che il valore F_j

Tab. 5.12 – Traffico totale per le zone italiane alle date di calibramento

Zona	Merci		Persone
	In uscita (migliaia di tonnellate)	In entrata	(nei due sensi) (migliaia di unità)
Torino	601	2.572	2.366
Genova	349	444	2.219
Brescia	687	3.030	6.560
Firenze	535	703	5.648
Reggio Calabria	234	101	2.636
Totale	2.406	6.850	19.429

Tab. 5.13 – Traffico totale per le zone francesi alle date di calibramento

Zona	Merci		Persone
	In uscita (migliaia di tonnellate)	In entrata	(nei due sensi) (migliaia di unità)
Lione	1.269	529	2.655
Marsiglia	752	394	4.359
Parigi	3.273	1.198	10.795
Bordeaux	1.556	285	1.620
Totale	6.850	2.406	19.429

Tab. 5.14 – Fattori specifici di generazione ed attrazione per le zone italiane (percentuale)

Zona	Merci		Persone
	Generazione	Attrazione	(nei due sensi)
Torino	32,18	53,62	19,71
Genova	45,38	22,46	44,86
Brescia	11,35	19,47	16,84
Firenze	7,57	3,87	12,42
Reggio Calabria	3,52	0,58	6,17
Totale	100,00	100,00	100,00

dato dalla [1] non muta se i W_j vengono moltiplicati (o divisi) per una stessa costante. In particolare, quindi, non muta se, in luogo delle quantità:

$$W_j = F_j/P_j,$$

si usano le quantità normalizzate:

$$W_j = \frac{F_j/P_j}{\sum_j F_j/P_j}.$$

Tab. 5.15 — *Fattori specifici di generazione ed attrazione per le zone francesi (percentuale)*

Zona	Merci		Persone
	Generazione	Attrazione	(nei due sensi)
Lione	44,91	42,88	29,64
Marsiglia	28,59	21,73	41,60
Parigi	20,46	22,25	24,25
Bordeaux	6,04	13,14	4,51
Totale	100,00	100,00	100,00

Queste sono appunto le quantità riportate nelle tabelle. I dati, ora introdotti, meritano una breve discussione. Si fa osservare:

a. zona di Genova:

ha i più alti fattori specifici di generazione, sia per le merci sia per i passeggeri. Per quanto riguarda le merci, non vi è dubbio che ciò è dovuto all'attività del porto di Genova; per quanto riguarda i passeggeri, è probabile che si tratti della stessa causa, anche se il valore (44,86 per cento) sembra assai alto; non si può escludere del tutto che vi possa essere qualche errore nella registrazione delle origini e delle destinazioni dei passeggeri, come è possibile che accada in una zona di grande transito. In ogni caso, non è possibile eliminare tali inconvenienti, se vi sono;

b. zona di Torino:

ha il più alto fattore specifico di attrazione, come era lecito aspettarsi, per quanto riguarda le merci. Dopo Genova, esso è anche il più intenso generatore di traffico di persone, e anche ciò non stupisce;

c. zona di Brescia (leggi Milano):

ha fattori di generazione ed attrazione insospettatamente bassi, nonostante i flussi totali ad essa associati siano i più alti in valore assoluto (cfr.: tabella 5.12). Ciò è, probabilmente, dovuto al fatto che la Lombardia (che della zona di Brescia è la regione preponderante) ha intensi rapporti più con l'Europa centrale (in particolare, Svizzera e Germania) che con la Francia. Inoltre, si

ricorda che in tale zona sono incluse anche le Venezie, le quali, dal punto di vista degli scambi internazionali in generale, e con la Francia in particolare, sono da considerarsi regioni poco sviluppate. Questi due fatti contribuiscono ad abbassare i fattori di attrazione e generazione;

d. zona di Lione:

ha i più alti fattori di generazione ed attrazione di traffico merci, nell'ambito delle zone francesi; dopo Marsiglia, è anche il più intenso generatore di traffico di persone. Per questi motivi, si può considerare una zona analoga a quella di Torino, dal punto di vista della generazione di traffico; questo è un risultato che certamente non stupisce;

e. zona di Marsiglia:

è il più intenso generatore di traffico passeggeri e, subito dopo Lione, anche di traffico merci; in questo senso, essa è analoga a Genova, ed anche in questo caso si tratta di effetti dovuti alla presenza del porto;

f. zona di Parigi:

si può considerare di comportamento analogo a quella di Brescia (Milano), in quanto ha valori dei fattori specifici di generazione ed attrazione piuttosto mediocri, nonostante i flussi totali ad essa associati siano i più alti in valore assoluto nell'ambito della Francia (cfr.: tabella 5.13).

I risultati

A partire dalla [1], ed usando come dati di entrata:

- a. i fattori specifici di attrazione di cui alle tabelle 5.14 e 5.15;
- b. le previsioni demografiche, disaggregate per zona, di cui alle tabelle 5.5 e 5.6;
- c. le previsioni di traffico annuo totale di cui alla tabella 5.11;

si ottengono le previsioni di traffico in uscita ed in entrata riportate nelle tabelle 5.16 e 5.17. Tale calcolo è stato eseguito mantenendo costanti nel tempo i valori dei fattori specifici di generazione ed attrazione. Non poteva essere fatto altrimenti, date le informazioni disponibili; si tratta, comunque, di una ipotesi plausibile

se si assume che l'attuale gerarchia delle ripartizioni italiane e francesi, in quanto a generazione ed attrazione specifica, non subisca modificazioni apprezzabili (7).

Tab. 5.16 – Traffico totale in uscita ed in entrata per le zone italiane: previsioni 1977-1989

Anno	Tipo traffico*	Zona					Totale
		Torino	Genova	Brescia	Firenze	Reggio Calabria	
1977	U	1.118	649	1.309	1.015	442	4.533
	E	4.269	736	5.148	1.190	171	11.514
	P	2.797	2.656	7.853	6.760	3.166	23.232
1980	U	1.324	761	1.541	1.196	519	5.341
	E	5.096	871	6.111	1.413	201	13.692
	P	3.034	2.854	8.469	7.290	3.410	25.057
1983	U	1.529	877	1.780	1.381	601	6.168
	E	5.923	1.010	7.109	1.643	235	15.920
	P	3.270	3.070	9.137	7.866	3.681	27.024
1986	U	1.736	996	2.028	1.573	684	7.017
	E	6.764	1.153	8.142	1.882	269	18.210
	P	3.519	3.303	9.861	8.489	3.977	29.149
1989	U	1.819	1.045	2.135	1.657	722	7.378
	E	7.105	1.213	8.594	1.987	284	19.183
	P	3.780	3.553	10.644	9.162	4.300	31.439

*Tipo di traffico:

U = merci in uscita (migliaia di tonnellate annue)

E = merci in entrata (migliaia di tonnellate annue)

P = persone nei due sensi (migliaia di unità).

7. A titolo di esempio, la chiusura del porto di Genova sconvolgerebbe tale gerarchia, come pure la sconvolgerebbe un'impetuosa crescita industriale nel Mezzogiorno. Come è ovvio, si tratta di eventi che è lecito escludere (chiusura del porto di Genova) o che è assai improbabile possano prodursi, nei termini detti, nel periodo contemplato (impetuosa crescita industriale nel Mezzogiorno).

Tab. 5.17 – *Traffico totale in uscita ed in entrata per le zone francesi: previsioni 1977-1989*

Anno	Tipo traffico*	Zona				Totale
		Lione	Marsiglia	Parigi	Bordeaux	
1977	U	2.181	1.258	5.528	2.547	11.514
	E	1.016	736	2.260	521	4.533
	P	3.200	5.198	12.920	1.914	23.232
1980	U	2.617	1.492	6.587	2.996	13.692
	E	1.206	864	2.665	606	5.341
	P	3.479	5.589	13.950	2.039	25.057
1983	U	3.070	1.731	7.674	3.445	15.920
	E	1.403	994	3.079	692	6.168
	P	3.782	6.007	15.062	2.173	27.024
1986	U	3.542	1.975	8.796	3.897	18.210
	E	1.607	1.127	3.506	777	7.017
	P	4.110	6.458	16.265	2.316	29.149
1989	U	3.763	2.077	9.284	4.059	19.183
	E	1.702	1.181	3.688	807	7.378
	P	4.467	6.944	17.560	2.468	31.439

*Tipo di traffico:

U = merci in uscita (migliaia di tonnellate annue)

E = merci in entrata (migliaia di tonnellate annue)

P = persone nei due sensi (migliaia di unità).

5.1.4. La fase di distribuzione

5.1.4.1. Introduzione

Come si è detto in 5.1.1., lo scopo di questa fase è la determinazione del traffico tra ogni coppia di zone, considerate come origine e destinazione. La precedente fase di generazione ha fornito i totali per le zone di origine e di destinazione; si tratta, ora, di disaggregare tali totali per ogni coppia di tali zone.

Se si fa riferimento ad una ipotetica matrice origine-destinazione (cfr.: tabella 5.18) ci si trova nella condizione di conoscere i

Tab. 5.18 – Matrice origine-destinazione*

Zone di origine	Zone di destinazione					Totale
	1	2	3	...	n	
1						P_1
2						P_2
3						P_3
...						...
...						...
m						P_m
Totale	Q_1	Q_2	Q_3	...	Q_n	T

*Prima della fase di distribuzione, i totali marginali sono noti, i contenuti delle caselle sono incogniti.

totali marginali per riga e per colonna (in quanto questi sono i risultati della fase di generazione), mentre sono incogniti, quindi da determinare, i contenuti delle singole caselle. Questo problema è risolvibile con vari metodi, tra i quali uno dei più semplici ed efficaci è il cosiddetto metodo del fattore di accrescimento (growth factor method).

Si procede alla descrizione teorica ed applicativa del modello basato sul metodo del fattore di accrescimento.

5.1.4.2. Il modello

Le ipotesi di base e la formulazione matematica

Le ipotesi di base possono essere meglio comprese attraverso un esempio. Si suppone di disporre, con riferimento ad una certa epoca passata (ad esempio: il 1970), di una matrice completa origine-destinazione quale risultato di un rilevamento diretto; si indica con f_{ij} il contenuto della casella di tale matrice appartenente alla riga i -esima e alla colonna j -esima. Indichiamo, inoltre con p_i e con q_j i rispettivi totali marginali. Si avrà pertanto:

f_{ij} , il traffico rilevato all'epoca di riferimento tra l'origine i e la destinazione j ;

$p_i = \sum_j f_{ij}$, il traffico totale uscente dalla zona di origine i ;

$q_j = \sum_i f_{ij}$, il traffico totale entrante nella zona di destinazione j .

Si immagina, ora, di volere stimare come si evolverà tale matrice ad una certa epoca futura, per la quale si sono già stimati i totali marginali per riga e per colonna, che si indicheranno, rispettivamente, con P_i e Q_j . Naturalmente, si supporrà che, in generale, sia $P_i \neq p_i$ e $Q_j \neq q_j$.

L'ipotesi più semplice che si può fare, ed anche la più intuitiva, è che gli elementi della matrice futura siano proporzionali agli elementi della matrice passata. Tuttavia, si tratta di una proporzionalità un po' insolita; infatti, mentre nelle ripartizioni proporzionali usuali deve essere rispettato un unico totale, per cui deve essere introdotta una costante di proporzionalità, in questo caso devono essere rispettati due ordini di totali, uno per le origini (righe) ed uno per le destinazioni (colonne).

Generalizzando il caso usuale più semplice, si dovranno, quindi, introdurre due costanti di proporzionalità, una dipendente dall'origine ed una dipendente dalla destinazione. Tale tipo di proporzionalità prende il nome di biproporzionalità; il metodo del fattore di accrescimento consiste, dunque, nel distribuire i totali di generazione ed attrazione previsti biproporzionalmente agli elementi di una matrice origine-destinazione data, rilevata ad una epoca passata di riferimento.

In termini matematici, ciò può essere espresso nel modo che segue:

calcolare il traffico futuro tra l'origine i e la destinazione j , indicato con F_{ij} , mediante la formula:

$$F_{ij} = A_i B_j f_{ij}, \quad [3]$$

in cui f_{ij} è il termine corrispondente della matrice origine-destinazione rilevata, A_i e B_j sono due insiemi di costanti, che devono essere calcolate in modo tale da garantire il rispetto dei totali:

$$\sum_j F_{ij} = P_i, \quad \sum_i F_{ij} = Q_j.$$

Il vincolo del totale di riga permette di eliminare le costanti incognite A_i ; posto ciò con alcune sostituzioni, si ottiene per F_{ij} la forma più usuale:

$$F_{ij} = P_i (B_j f_{ij} / \sum_j B_j f_{ij}), \quad [4]$$

in cui i B_j sono tali che:

$$\sum_i F_{ij} = Q_j. \quad [5]$$

La [4] è interpretabile come segue. Il totale uscente dall'origine i , P_i , viene distribuito verso le varie destinazioni j proporzionalmente ad un fattore tipico della destinazione, B_j , che si può considerare una misura dell'attrazione esercitata da j , nonché ad un fattore tipico della coppia di zone f_{ij} , che nel caso in oggetto è l'elemento di una matrice origine-destinazione passata. Il termine al denominatore assicura il rispetto del totale per riga; il vincolo [5] è utilizzato per calcolare le costanti B_j .

Si conclude con alcune osservazioni critiche sulle ipotesi di base. E' noto che spesso per la fase di distribuzione vengono usati modelli di tipo così detto "gravitazionale"; il nome implica in essi l'assunzione che il traffico aumenti con la "massa" della origine e della destinazione e diminuisca all'aumentare della distanza (in senso generalizzato) che le separa. In simboli, un modello gravitazionale ha la forma generale:

$$F_{ij} = A_i B_j g(t_{ij}),$$

in cui $g(t_{ij})$ è una funzione decrescente della distanza t_{ij} tra le due zone. Se si confronta questa formula con la [3], si vede che, perché le due ipotesi coincidano, deve essere:

$$g(t_{ij}) = f_{ij}.$$

In conclusione, il fattore f_{ij} può essere considerato come una stima sperimentale dell'effetto di impedenza agli spostamenti pro-

dotto dalla distanza. Il fatto è che, mentre nell'ipotesi gravitazionale la dipendenza dalla distanza è resa esplicita nel metodo del fattore di accrescimento, essa è implicita.

In realtà, l'ipotesi del fattore di accrescimento è più generale di quella gravitazionale. I termini f_{ij} rilevati contengono implicitamente l'effetto delle distanze, in quanto esse hanno senza dubbio contribuito a determinarli. Essi, però, contengono anche l'effetto di molti altri fattori, diversi dalla distanza, che non compaiono nel modello gravitazionale.

L'importanza di questi altri fattori è, in genere, considerata scarsa per spostamenti a schema regolare e ripetitivo, quali i movimenti pendolari. E', invece, consuetudine considerarla rilevante per gli spostamenti di merci, e questa è la ragione per cui l'uso del metodo del fattore di accrescimento è diffuso sopra tutto per questo tipo di traffico. Sembra lecito affermare che il metodo in oggetto sia valido a maggior ragione in un caso come questo, in cui si ha a che fare con traffico internazionale.

Ad esempio, il traffico di merci sarà, senza dubbio, condizionato dagli accordi (od anche attriti) commerciali esistenti fra i due paesi, o anche tra regioni particolari dei due paesi, e tali condizionamenti producono anche una configurazione di flussi origine-destinazione che non necessariamente rispecchia la stretta dipendenza dalla distanza ipotizzata nel modello gravitazionale.

Si potrebbe giustamente osservare, a questo punto, che gran parte di questi fattori, se non tutti, potrebbero facilmente essere introdotti in un modello più disaggregato, che distingua le merci secondo le varie categorie merceologiche, il peso, il costo di trasporto, e che analizzi, inoltre, dettagliatamente la composizione e l'entità dei centri di produzione e dei mercati per ciascuna merce considerata. Questo modo di procedere, senza dubbio più completo teoricamente, va però al di là dei limiti del presente studio, rispetto al quale sarebbe sproporzionato, ed è più proprio di uno studio sul commercio internazionale.

Considerazioni analoghe a quelle condotte per le merci valgono per le persone.

Il traffico internazionale di persone, tra l'Italia e la Francia è soggetto a fattori diversi dalla distanza, almeno quanto il traffico di merci. Basti pensare al traffico turistico, che rappresenta senz'al-

tro una quota rilevante del traffico totale, e per il quale il condizionamento della distanza percorsa passa in secondo piano rispetto a valutazioni di natura, appunto, turistica.

Anche in questo caso, si può notare come molti di questi fattori sarebbero meglio messi in luce, qualora venisse condotto uno studio disaggregato del traffico di persone, che distinguesse con dettaglio i diversi scopi degli spostamenti, le caratteristiche socioeconomiche di chi le compie, la modalità e frequenza con cui essi vengono effettuati ecc.. Anche tale approfondimento supera però i limiti del presente studio ed è più adatto, ad esempio, ad uno studio sul turismo internazionale.

Si conclude con un'ultima, ma non secondaria, considerazione, concernente la praticità operativa del metodo del fattore di accrescimento. Si ritiene che la sua facilità d'uso lo renda consigliabile tutte le volte che si disponga del rilevamento di una matrice origine-destinazione completa, in data abbastanza recente. In tali casi, esso permette di evitare il ricorso ad operazioni di calibramento, che possono essere complicate e di esito incerto, fornendo contemporaneamente stime di traffico più realistiche ed attendibili di quelle ottenibili con un modello gravitazionale.

L'algoritmo ed il programma di calcolo

La [4] e la [5] costituiscono una formulazione del problema di distribuzione, ma non danno indicazioni esplicite sul modo di risolverlo. Dal punto di vista del calcolo, il problema principale consiste nella determinazione dei valori dei B_j . Se si sostituisce la [4] nella [5], con ovvii passaggi si perviene al sistema di equazioni nelle incognite B_j :

$$B_j = Q_j / \sum_i (P_i f_{ij} / \sum_j B_j f_{ij}). \quad [6]$$

Tale sistema non può essere risolto esplicitamente con metodi elementari; tuttavia, si può usare un semplice algoritmo iterativo, che mediante approssimazioni successive giunge rapidamente alla soluzione cercata. L'algoritmo è così concepito:

I. al passo iniziale, porre come prima approssimazione:

$$B_j^{(0)} = Q_j / \sum_j Q_j;$$

II. quando si disponga dei risultati dell'iterazione n-esima ($n = 0, 1, 2, \dots$), calcolare l'approssimazione ($n + 1$)-esima con le formule:

$$B_j^{(n+1)} = \beta_j / \sum_j \beta_j, \quad [7]$$

in cui i β_j sono dati da:

$$\beta_j = Q_j / \sum_i (P_i f_{ij} / \sum_j B_j^{(n)} f_{ij}). \quad [8]$$

Nelle formule di cui sopra, si è indicato con $B_j^{(n)}$ (per $n = 0, 1, 2, \dots$) l'approssimazione ottenuta all'iterazione n-esima dell'algoritmo. E' sottinteso che, quando si giunge a soddisfare la [6] entro il margine di errore prefissato, il processo viene interrotto. Si nota che, dopo ogni iterazione, è stata introdotta una normalizzazione dei B_j , in modo che sia sempre $\sum_j B_j = 1$. Ciò è motivato da problemi di facilità di calcolo e rapidità di convergenza. Si precisa che è possibile dimostrare che l'algoritmo converge alla soluzione del sistema di equazioni [6] sotto ipotesi molto generali, senz'altro soddisfatte nel caso in oggetto; ma non ci si dilunga oltre sulla dimostrazione di tale convergenza. Per l'esecuzione dei calcoli previsti dall'algoritmo esposto è stata realizzata, in linguaggio Fortran, la subroutine DISTRI. In figura 5.7 è riportato il diagramma a blocchi riassuntivo di tale subroutine.

All'inizio del calcolo, si assumono dati i totali per origine e destinazione, cioè la quantità P_i e Q_j previste nella fase di generazione, e la matrice origine-destinazione di riferimento, cioè le quantità f_{ij} . Va da sé che il calcolo, rappresentato nel diagramma, si riferisce ad un singolo anno; quindi, la procedura va ripetuta tante volte quanti sono gli anni per cui si desidera la previsione.

Si descrive brevemente il significato dei passi corrispondenti ai vari blocchi del diagramma:

blocchi 1 e 2: all'inizio, viene posto uguale a 0 il contatore di iterazioni n ; come prima approssimazione, i B_j vengono assunti proporzionali ai totali in entrata alle destinazioni e normalizzati;

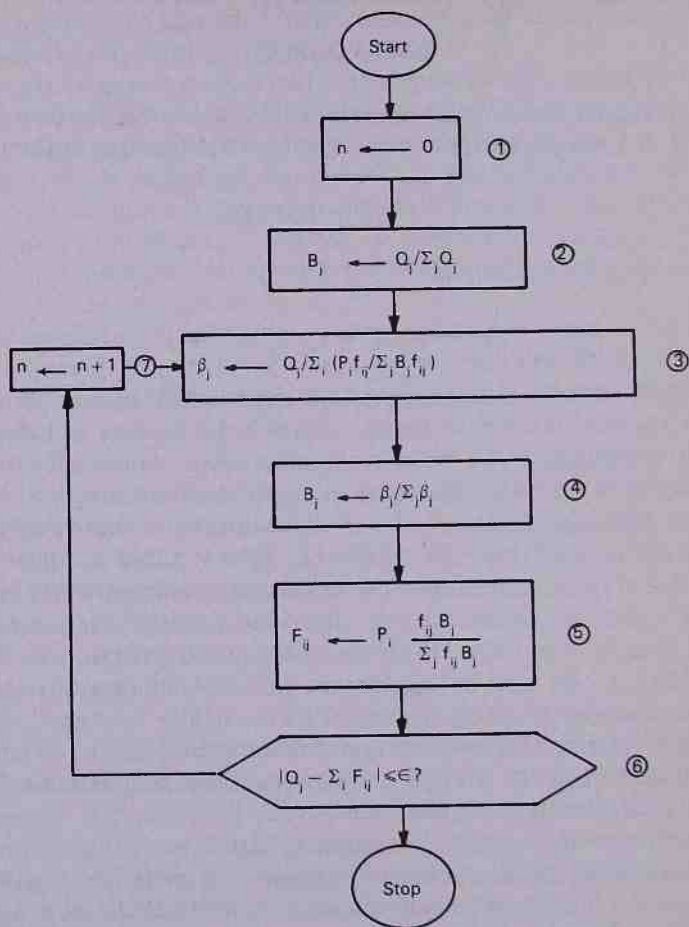


Fig. 5.7 – Diagramma della procedura di calcolo della distribuzione del traffico

- blocchi 3 e 4: ad ogni iterazione, i B_j vengono ricalcolati usando le formule di aggiornamento [7] e [8] dell'algoritmo; con ciò si ottiene una nuova approssimazione alla soluzione del sistema di equazioni [6];
- blocco 5: usando i nuovi B_j vengono calcolate le approssimazioni alla previsione della matrice origine-destinazione, cioè le quantità F_{ij} , mediante la [4];
- blocco 6: una misura dell'errore di approssimazione, che si commette usando i B_j calcolati, è data dalle differenze (in valore assoluto) tra i totali alle destinazioni dati e quelli calcolati con l'algoritmo. Se tali differenze sono sufficientemente piccole, la matrice origine-destinazione così ottenuta è quella cercata; quindi, il calcolo si interrompe. Se, viceversa, le differenze superano l'errore ammissibile, il calcolo prosegue al blocco 7;
- blocco 7: poiché l'iterazione precedente non ha fornito la soluzione finale, si aggiorna il contatore di iterazioni incrementandolo di una unità, quindi si passa ad eseguire una nuova iterazione, ripetendo tutto il ciclo dell'algoritmo a partire dal blocco 3.

5.1.4.3. *I dati di entrata*

I dati necessari all'uso della procedura descritta sono di due tipi:

- a. dati relativi alla generazione ed all'attrazione specificate per zona e per tipo di traffico. Essi sono contenuti nelle tabelle 5.16 e 5.17, per gli anni di previsione 1977-1989;
- b. matrici origine-destinazione ad una epoca passata di riferimento, una per ciascun tipo di traffico.

Per predisporre queste ultime si è fatto ricorso alle seguenti fonti:

- a. per il traffico di merci, ai dati relativi all'anno 1970 degli spostamenti di merci tra regioni italiane e regioni francesi, forniti dall'Eurostat (non è stato possibile reperire dati più recenti);
- b. per il traffico di persone ai dati relativi all'anno 1974 degli spostamenti di persone tra regioni italiane e regioni francesi, forniti dall'Uicf (Union Internatoinal des Chemins de Fer).

Per tutti detti dati valgono le considerazioni già fatte in 5.1.3.4. in ordine al calibramento dei fattori specifici di generazione. Qui si ricorda solo che:

- a. i dati originali si riferiscono solo agli spostamenti su ferrovia. L'estensione alla generalità degli spostamenti è stata calcolata;
- b. i dati relativi alle persone contengono i due sensi di marcia aggregati.

Le matrici origine-destinazione, dedotte dai suddetti dati, sono riportate nelle tabelle 5.19, 5.20 e 5.21.

Tab. 5.19 – Traffico di merci in esportazione (dalle regioni italiane alle regioni francesi) nel 1970 (migliaia di tonnellate)

	<i>Lione</i>	<i>Marsiglia</i>	<i>Parigi</i>	<i>Bordeaux</i>	<i>Totale</i>
Torino	180	39	326	56	601
Genova	55	159	100	35	349
Brescia	139	106	359	83	687
Firenze	106	60	293	76	535
Reggio Calabria	49	30	120	35	234
Totale	529	394	1.198	285	2.406

Tab. 5.20 – Traffico merci in importazione (dalle regioni francesi alle regioni italiane) nel 1970 (migliaia di tonnellate)

	<i>Torino</i>	<i>Genova</i>	<i>Brescia</i>	<i>Firenze</i>	<i>Reggio Calabria</i>	<i>Totale</i>
Lione	663	35	447	104	20	1.269
Marsiglia	202	176	301	66	—	752
Parigi	1.156	138	1.560	386	33	3.273
Bordeaux	551	95	722	147	41	1.556
Totale	2.572	444	3.030	703	101	6.850

Tab. 5.21 – Traffico di persone nei due sensi tra le regioni italiane e le regioni francesi nel 1974 (migliaia di unità)

	<i>Lione</i>	<i>Marsiglia</i>	<i>Parigi</i>	<i>Bordeaux</i>	<i>Totale</i>
Torino	735	296	1.250	86	2.367
Genova	107	1.565	468	79	2.219
Brescia	736	930	4.552	342	6.560
Firenze	669	1.129	3.621	229	5.648
Reggio Calabria	408	438	904	885	2.635
Totale	2.655	4.358	10.795	1.621	19.429

5.1.4.4. *I risultati*

L'algoritmo esposto in 5.1.4.2, applicato alle matrici origine-destinazione ed alle generazioni ed attrazioni di cui alle tabelle 5.16 e 5.17, fornisce le matrici origine-destinazione per le scadenze di previsione assunte.

I risultati ottenuti sono esposti nelle tabelle dalla 5.22 alla 5.27.

Tab. 5.22 – Distribuzione attuale del traffico di merci dall'Italia alla Francia (migliaia di tonnellate)

	<i>Lione</i>	<i>Marsiglia</i>	<i>Parigi</i>	<i>Bordeaux</i>	<i>Totale</i>
<i>Epoca 1977</i>					
Torino	341	72	605	101	1.119
Genova	105	294	187	63	649
Brescia	270	201	685	153	1.309
Firenze	205	113	557	140	1.015
Reggio Calabria	94	56	227	64	441
Totale	1.015	736	2.261	521	4.533

Tab. 5.23 – Distribuzione prevista del traffico totale di merci dall'Italia alla Francia (migliaia di tonnellate)

	<i>Lione</i>	<i>Marsiglia</i>	<i>Parigi</i>	<i>Bordeaux</i>	<i>Totale</i>
<i>Epoca 1980</i>					
Torino	406	85	716	118	1.325
Genova	124	345	219	73	761
Brescia	321	236	806	178	1.541
Firenze	244	133	656	163	1.196
Reggio Calabria	112	66	267	74	519
Totale	1.207	865	2.664	606	5.342
<i>Epoca 1983</i>					
Torino	472	97	826	134	1.529
Genova	144	396	253	84	877
Brescia	373	271	932	203	1.779
Firenze	284	153	759	186	1.382
Reggio Calabria	130	76	309	85	600
Totale	1.403	993	3.079	692	6.167
<i>Epoca 1986</i>					
Torino	539	110	937	150	1.736
Genova	165	449	288	94	996
Brescia	428	308	1.063	229	2.028
Firenze	326	174	865	209	1.574
Reggio Calabria	150	86	352	96	684
Totale	1.608	1.127	3.505	778	7.018
<i>Epoca 1989</i>					
Torino	568	115	982	155	1.820
Genova	175	470	303	97	1.045
Brescia	455	323	1.120	238	2.136
Firenze	346	182	911	217	1.656
Reggio Calabria	159	91	372	100	722
Totale	1.703	1.181	3.688	807	7.379

Tab. 5.24 – Distribuzione attuale del traffico totale di merci dalla Francia all'Italia (migliaia di tonnellate)

	Torino	Genova	Brescia	Firenze	Reggio Calabria	Totale
<i>Epoca 1977</i>						
Lione	1.126	60	780	180	35	2.181
Marsiglia	333	292	510	111	12	1.258
Parigi	1.922	231	2.663	656	56	5.528
Bordeaux	888	154	1.195	242	67	2.546
Totale	4.269	737	5.148	1.189	170	11.513

5.1.5. La fase di ripartizione ai transiti

5.1.5.1. Introduzione

Come si è accennato in 5.1.1, la fase di ripartizione ai transiti ha lo scopo di determinare come il traffico, specificato per origine e destinazione (così come risulta dalla fase di distribuzione), si ripartisca sui vari transiti alpini alternativi a disposizione.

Una peculiarità di questa fase, peculiarità che la contraddistingue da quelle precedentemente trattate, è costituita dalla dipendenza dei suoi risultati dalla formulazione di ipotesi in ordine all'assetto delle comunicazioni in valle di Susa. Infatti, sia la generazione ed attrazione, sia la distribuzione restano invariate, qualora si apportino modifiche alle comunicazioni della valle di Susa; per contro la scelta del transito da usare sarà effettuata in modo diverso se si avrà a disposizione un nuovo traforo (ad esempio: il traforo del Fréjus).

Pertanto, per procedere alla elaborazione delle previsioni relative alla ripartizione ai transiti, sarà necessario elencare tutte le ipotesi in ordine agli interventi previsti (anche in alternativa) che possano influenzare in modo significativo il modo in cui il traffico si ripartirà ai transiti.

E' opportuno, in questa introduzione, dare un quadro sintetico di tali ipotesi, in termini qualitativi; mentre se ne fornirà la descrizione quantitativa dettagliata successivamente.

Tab. 5.25 – Distribuzione prevista del traffico totale di merci dalla Francia all'Italia (migliaia di tonnellate)

	Torino	Genova	Brescia	Firenze	Reggio Calabria	Totale
<i>Epoca 1980</i>						
Lione	1.354	71	934	216	42	2.617
Marsiglia	397	345	604	132	14	1.492
Parigi	2.297	274	3.169	780	67	6.587
Bordeaux	1.048	180	1.404	284	79	2.995
Totale	5.096	870	6.111	1.412	202	13.691
<i>Epoca 1983</i>						
Lione	1.587	84	1.096	254	49	3.070
Marsiglia	460	400	702	153	16	1.731
Parigi	2.673	319	3.695	909	78	7.674
Bordeaux	1.203	207	1.615	327	91	3.443
Totale	5.923	1.010	7.108	1.643	234	15.918
<i>Epoca 1986</i>						
Lione	1.827	97	1.267	293	57	3.541
Marsiglia	523	457	802	175	19	1.976
Parigi	3.056	365	4.242	1.044	90	8.797
Bordeaux	1.358	234	1.830	370	104	3.896
Totale	6.764	1.153	8.141	1.882	270	18.210
<i>Epoca 1989</i>						
Lione	1.936	103	1.351	312	61	3.763
Marsiglia	548	480	845	184	20	2.077
Parigi	3.212	386	4.487	1.103	95	9.283
Bordeaux	1.409	244	1.911	387	109	4.060
Totale	7.105	1.213	8.594	1.986	285	19.183

Tab. 5.26 – *Distribuzione attuale del traffico di persone tra Italia e Francia, nei due sensi (migliaia di unità)*

	<i>Lione</i>	<i>Marsiglia</i>	<i>Parigi</i>	<i>Bordeaux</i>	<i>Totale</i>
<i>Epoca 1977</i>					
Torino	876	348	1.476	98	2.798
Genova	129	1.871	562	95	2.657
Brescia	889	1.109	5.453	402	7.853
Firenze	809	1.345	4.338	269	6.761
Reggio Calabria	497	526	1.092	1.051	3.166
Totale	3.200	5.199	12.921	1.915	23.235

Le ipotesi in oggetto possono essere organizzate in tre categorie, e ciò secondo il tipo di infrastruttura cui afferiscono:

- a. ipotesi relative alla rete delle ferrovie in valle di Susa;
- b. ipotesi relative ai transiti alpini;
- c. ipotesi relative alla rete delle comunicazioni stradali in valle di Susa.

Le ipotesi di cui sub a. sono le seguenti:

- a.1. il completamento del raddoppio della linea ferroviaria in valle di Susa, con il raddoppio della tratta tra Bussoleno e Salbertrand, da realizzarsi entro l'anno 1983;
- a.2. l'introduzione del blocco automatico tra Torino e Bardonecchia da realizzarsi entro l'anno 1989.

Le ipotesi di cui sub b. sono le seguenti:

- b.1. l'apertura del traforo stradale del Fréjus, la cui entrata in funzione è prevista per l'anno 1980.

Per le ipotesi di cui sub c., è configurabile una gamma di alternative, le quali in termini qualitativi possono essere ricondotte alle due seguenti:

- c.1. il collegamento del traforo stradale del Fréjus alle comunicazioni stradali esistenti in valle di Susa;
- c.2. la realizzazione di una nuova infrastruttura stradale ad alto livello di servizio, parallela alla viabilità esistente e collegata al traforo stradale del Fréjus.

Tab. 5.27 – Distribuzione prevista del traffico di persone tra Italia e Francia, nei due sensi (migliaia di unità)

	Lione	Marsiglia	Parigi	Bordcaux	Totale
<i>Epoca 1980</i>					
Torino	954	376	1.599	104	3.033
Genova	140	2.008	605	101	2.854
Brescia	965	1.192	5.884	428	8.469
Firenze	878	1.446	4.680	286	7.290
Reggio Calabria	541	567	1.181	1.121	3.410
Totale	3.478	5.589	13.949	2.040	25.056
<i>Epoca 1983</i>					
Torino	1.035	403	1.722	111	3.271
Genova	152	2.157	653	107	3.069
Brescia	1.049	1.281	6.352	455	9.137
Firenze	955	1.554	5.053	304	7.866
Reggio Calabria	591	612	1.281	1.197	3.681
Totale	3.782	6.007	15.061	2.174	27.024
<i>Epoca 1986</i>					
Torino	1.120	431	1.851	117	3.519
Genova	165	2.318	705	114	3.302
Brescia	1.141	1.377	6.860	483	9.861
Firenze	1.038	1.670	5.457	323	8.488
Reggio Calabria	646	662	1.391	1.279	3.978
Totale	4.110	6.458	16.264	2.316	29.148
<i>Epoca 1989</i>					
Torino	1.210	460	1.986	124	3.780
Genova	180	2.491	761	121	3.553
Brescia	1.241	1.481	7.408	514	10.644
Firenze	1.129	1.796	5.893	344	9.162
Reggio Calabria	707	715	1.511	1.367	4.300
Totale	4.467	6.943	17.559	2.470	31.439

Mentre le ipotesi di cui sub a. e sub b. sono da considerarsi date (cioè, derivanti da decisioni già assunte), le ipotesi di cui sub c., come per altro appare chiaro dalla loro formulazione in termini di alternative, non sono da considerarsi date e costituiscono oggetto di particolare approfondimento in questo studio; in altre parole, dette ipotesi sono non decisioni già assunte, ma ipotesi di intervento alternative. In relazione a ciò, nel seguito verranno elaborati due prospetti di previsioni della ripartizione futura ai transiti, ciascuno associato ad una delle ipotesi di cui sub c.: in tale modo, si mostreranno le conseguenze che ciascuna di due dette ipotesi può avere sulla ripartizione ai transiti.

Poiché è in relazione a tali conseguenze che dovrà formarsi la valutazione dell'operatore politico, l'indicato approccio appare come il più adatto a fornire un ausilio a chi deve operare la scelta dell'alternativa da adottare.

5.1.5.2. *Il modello*

Le ipotesi di base e la formulazione matematica

La stima delle conseguenze di alternative di intervento, quali quelle appena prospettate in 5.1.5.1 pone problemi metodologici più complessi di quelli affrontati nelle fasi precedenti. In esse, infatti, non è mai stato necessario analizzare in dettaglio il comportamento della domanda di trasporto; ci si è limitati a registrarlo e ad estrapolarlo, senza però darne una interpretazione causale completa. In questa fase, al contrario, si deve condurre una analisi dettagliata dei movimenti che spingono il viaggiatore o la tonnellata di merce a scegliere un determinato percorso, piuttosto che un altro, per raggiungere la destinazione.

In quanto segue si farà l'ipotesi, ragionevole, che gli elementi che determinano la scelta di un percorso siano essenzialmente due: il tempo di viaggio e la capacità della strada (8). Si assume cioè, che

8. In senso stretto, tempo di viaggio e capacità della infrastruttura di comunicazione sono parzialmente interdipendenti. E' noto, infatti, che la velocità diminuisce all'aumentare del grado di congestione, il quale aumenta al diminuire della capacità; pertanto, aumentando la capacità diminuirà anche il tempo di viaggio. Tutta-

l'utente valuti, contemporaneamente, la durata del viaggio e la capacità della infrastruttura di comunicazione usata. In questa valutazione, intervengono anche altri tipi di motivi (quali: la pendenza, il rischio ecc.); tuttavia, un'analisi più attenta rivela che tutti questi altri aspetti sono implicitamente contenuti o nella valutazione del tempo di viaggio (ad esempio: la pendenza si traduce in una diminuzione della velocità) o nella valutazione della capacità (ad esempio: il rischio è maggiore sulle infrastrutture di comunicazione con capacità bassa).

Ad ulteriore precisazione, si aggiunge che qui si sta usando il termine "capacità" in modo lievemente diverso da quello usuale. Infatti, si deve osservare che il termine usualmente adoperato per indicare il complesso di valutazioni sulla qualità delle condizioni di traffico che vengono complessivamente incontrate in una infrastruttura di comunicazione è quello di "livello di servizio"; osservato ciò, si precisa che qui si usa il termine "capacità" come "indicatore quantitativo del livello di servizio offerto". A giustificazione della formulazione terminologica assunta, si deve dire che un siffatto indicatore è, di fatto, sempre correlato con la capacità vera e propria.

Se momentaneamente si trascura la capacità, la prima ipotesi che si è tentati di fare, in ordine al comportamento del viaggiatore (sia esso persona o merce), è che venga scelto il percorso più breve. Questa ipotesi è, però, chiaramente insufficiente a spiegare il comportamento reale del traffico, che usa palesemente anche percorsi diversi da quelli più brevi (ad esempio, se valesse il criterio del percorso più breve, il traffico merci su ferrovia dovrebbe essere del tutto inesistente, poiché questo mezzo ha tempi di viaggio sensibilmente maggiori di quelli su strada). All'ipotesi del percorso più breve, che appare troppo rigida e deterministica, sembra quindi lecito sostituire una ipotesi probabilistica più blanda: il viaggiatore può usare tutti i percorsi disponibili, con probabilità decrescente all'aumentare del tempo di viaggio.

via, ciò non significa che si possa fare a meno di introdurre, distintamente, i due aspetti. Infatti, dal punto di vista della valutazione che ne fa l'utente, l'incidenza sulla velocità è solo uno degli effetti della capacità, e non necessariamente il più importante.

Se si introduce nell'ipotesi anche la capacità (od il livello di servizio), si ottiene la seguente formulazione più generale: la probabilità che venga scelto un percorso è crescente col livello di servizio da esso offerto e decrescente col tempo di viaggio ad esso associato. In quanto segue, viene sviluppata in termini matematici tale ipotesi.

Il modello matematico qui usato è noto come modello del tipo "Logit multidimensionale". Se ne dà la formulazione applicata al problema specifico qui trattato: la scelta tra i transiti alpini piemontesi.

Si definiscono le seguenti quantità:

- t_{ik} tempo di viaggio dalla zona italiana i al transito k (l'indice k percorre l'insieme di transiti ferroviari e stradali introdotto in 5.1.2);
- t_{jk} tempo di viaggio dalla zona francese j al transito k ;
- F_{ij} traffico tra i e j ;
- F_{ij}^k aliquota del traffico tra i e j che usa il transito k ;
- W_k indice di capacità (livello di servizio) del transito k ;
- f_{ij}^k fattore di impedenza allo spostamento associato al percorso tra i e j attraverso il transito k .

Nel modello "Logit", il fattore di impedenza viene usualmente posto uguale ad una funzione esponenziale inversa del tempo di viaggio, cioè:

$$f_{ij}^k = e^{-\alpha (t_{ik} + t_{jk})}, \quad [9]$$

in cui:

- e è la base dei logaritmi neperiani;
- α è un parametro da determinare sperimentalmente;
- $t_{ik} + t_{jk}$ è il tempo totale di viaggio tra i e j attraverso il transito k .

Il fattore di impedenza ha lo scopo di tradurre in termini matematici l'ipotesi avanzata in ordine alla diminuzione della probabilità di scelta del percorso all'aumentare del tempo di viaggio. L'andamento della [9] è rappresentato in figura 5.8: la curva ha le

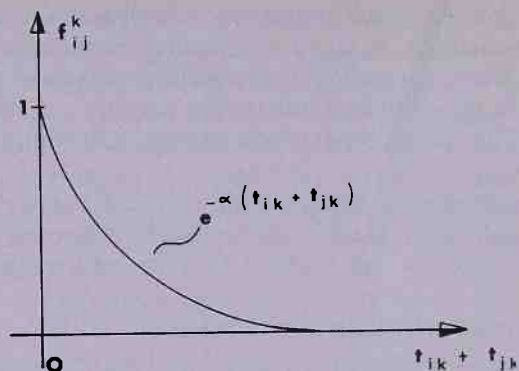


Fig. 5.8 – Andamento del fattore di impedenza in funzione del tempo di viaggio

caratteristiche desiderate; il fattore f_{ij}^k , che è proporzionale alla probabilità di scegliere il percorso $i \rightarrow j$ via k , diminuisce all'aumentare del tempo di viaggio e tende a zero quando tale tempo diventa molto grande.

Usando le quantità definite, il modello "Logit" assume la forma:

$$F_{ij}^k = F_{ij} (f_{ij}^k W_k / \sum_k f_{ij}^k W_k), \quad [10]$$

in cui f_{ij}^k è dato dalla [9].

Se si confronta la [10] con la [4], cioè con la forma del modello di distribuzione, si notano strette analogie. Anche l'interpretazione è analoga: il traffico totale fra i e j , F_{ij} , viene ripartito tra i vari transiti proporzionalmente a un fattore tipico del transito, W_k , che si può considerare una misura del livello di servizio offerto da k , nonché ad un fattore tipico della coppia di zone e del transito, che nel caso in oggetto è la funzione del tempo di viaggio data dalla [9].

Il termine al denominatore assicura il rispetto del vincolo:

$$\sum_k F_{ij}^k = F_{ij}.$$

che impone che la somma dei flussi tra i e j ripartiti tra i vari transiti sia uguale al flusso totale fra i e j .

Va da sé che, anche se il modello è stato formulato avendo in mente il traffico dall'Italia alla Francia, il ragionamento condotto vale anche per il traffico in senso opposto; per le formule, basterà scambiare tra loro gli indici delle origini e quelli delle destinazioni.

Si può analizzare in modo più approfondito la struttura del modello [10] se lo si riferisce ad un esempio semplice. Si supponga di considerare il caso con due sole alternative: un transito ferroviario, che si indicherà con $k = 1$, ed un transito stradale, che si indicherà con $k = 2$.

La situazione descritta è rappresentata schematicamente in figura 5.9. Per facilitare la comprensione, si sono chiamati "Italia" e "Francia" i due territori rappresentati, ma è ovvio che in tale rappresentazione non vi è alcuna pretesa di realismo.

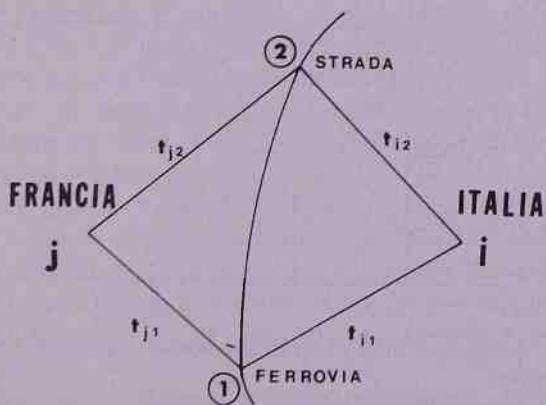


Fig. 5.9 - Rappresentazione schematica di una coppia origine-destinazione con due percorsi alternativi

Per l'esempio considerato, si definisce la quantità:

$q = F_{ij}^1 / F_{ij}$ percentuale del traffico assorbita dal transito 1, cioè dalla ferrovia.

E' ovvio che la quota assorbita dalla strada sarà: $1 - q$. Se si applica la [10], dopo alcuni passaggi si ottiene:

$$q(z) = W_1 / (W_1 + W_2 e^{-\alpha z}), \quad [11]$$

in cui si è posto:

$$z = (t_{i2} + t_{j2}) - (t_{i1} + t_{j1}) \quad \text{differenza fra il tempo di viaggio su strada ed il tempo di viaggio su ferrovia,}$$

e si è scritto $q(z)$ per evidenziare il fatto che l'aliquota di traffico che sceglie la ferrovia dipende dalla differenza tra i tempi di viaggio dei due mezzi, z .

La [11] è l'equazione di una curva logistica; da ciò deriva il nome "Logit" che è consuetudine dare a modelli di ripartizione di questo tipo (cioè, con fattore di impedenza esponenziale). L'andamento di tale curva è rappresentato in figura 5.10.

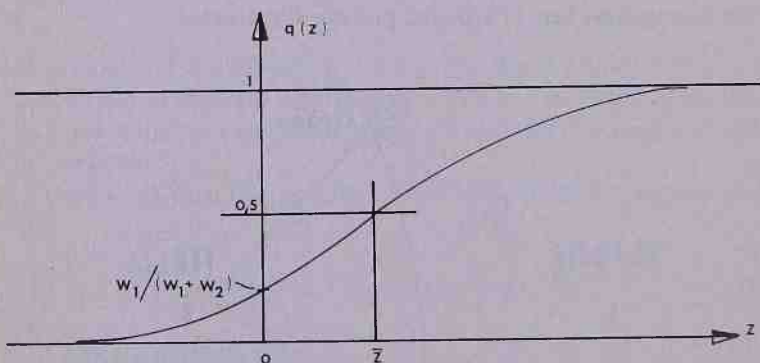


Fig. 5.10 – Andamento della curva di ripartizione logistica nel caso di due transiti alternativi

Si vede innanzitutto, che, per $z = 0$, cioè quando i tempi di viaggio sulle due alternative sono uguali, la percentuale di traffico che sceglie la ferrovia non è necessariamente il 50 per cento; essa è proporzionale all'indice di capacità della ferrovia W_1 e, se per esempio tale indice è minore del corrispondente indice della strada, si ha che l'aliquota di traffico su ferrovia è meno della metà del traffico totale. Ciò mette in evidenza il ruolo fondamentale dei fattori W_k ; essi, opportunamente normalizzati, non sono altro che

la percentuale del traffico assorbita dal transito k quando i tempi di viaggio di tutti i percorsi sono uguali fra loro. Questo meccanismo schematizza la fondamentale elasticità esistente tra domanda di trasporto e livello di servizio offerto: anche a parità di tempo di viaggio, l'alternativa che offre il livello di servizio più alto è preferita a quella che offre il livello di servizio più basso.

Per z positivo — cioè, nell'esempio in oggetto, per un tempo di viaggio su strada più elevato di quello su ferrovia —, si vede che esiste comunque un certo intervallo $(0, \bar{Z})$ in cui l'aliquota di traffico su ferrovia è ugualmente minore di quella su strada; cioè, se il livello di servizio della strada è maggiore del livello di servizio della ferrovia, la strada viene preferita alla ferrovia anche quando il suo tempo di viaggio è maggiore, almeno finché la differenza tra i due tempi non supera la soglia \bar{Z} . Per $z > \bar{Z}$, cioè quando la strada ha un tempo di viaggio apprezzabilmente più elevato di quello su ferrovia, il suo alto livello di servizio non è più sufficiente a controbilanciare il vantaggio offerto dall'altra alternativa in termini di tempo, per cui la ferrovia assorbe una aliquota di traffico maggiore di quella assorbita dalla strada. Per $z \rightarrow \infty$, cioè quando il tempo di viaggio su strada è proibitivamente maggiore di quello su ferrovia, si ha che $q \rightarrow 1$, cioè l'aliquota del traffico che usa la ferrovia tende a diventare pari al 100 per cento del traffico totale. Viceversa, se si considera il quadrante negativo del diagramma, cioè i casi in cui il tempo di viaggio su strada è minore del tempo di viaggio su ferrovia, si ha ovviamente che l'aliquota di traffico su quest'ultima infrastruttura diminuisce rapidamente, fino ad annullarsi per $z \rightarrow -\infty$, cioè quando la ferrovia è decisamente sconveniente.

E' chiaro che, in luogo dell'analisi dell'aliquota di traffico su ferrovia, si sarebbe potuto condurre quella relativa alla aliquota di traffico su strada; come è ovvio, il risultato non sarebbe cambiato.

Chiarito così il significato e lo schema di ragionamento che stanno alla base del modello proposto, resta da approfondire un'ultima questione teorica: il modo di misurare i termini W_k , cioè quelli finora chiamati indici di capacità (o di livello di servizio).

Il concetto di livello di servizio è qualitativo, quindi inagevole ad essere adoperato in un modello matematico; al contrario il concetto di capacità è assai più agevolmente traducibile in termini

quantitativi. Pertanto, appare desiderabile poter esprimere i W_k in funzione della capacità; a tale scopo, è sufficiente una forma funzionale abbastanza semplice, ad esempio del tipo:

$$W_k = k C_k^\beta, \quad [12]$$

in cui:

C_k è la capacità del transito k (in veicoli/h, se si tratta di strade, o in treni/giorno se si tratta di ferrovia);
 k e β sono parametri da determinare sperimentalmente.

L'ipotesi esposta è senz'altro sensata; tuttavia, come si vedrà in seguito, nelle applicazioni spesso può risultare più conveniente stimare direttamente i W_k dai dati sperimentali, in luogo di analizzarne la dipendenza dalle capacità. Ciò è dovuto al fatto che i W_k dipendono oltre che dalla capacità, da molti altri fattori, quantitativi e qualitativi. Per fare un esempio, in genere un traforo attrae più traffico di un valico di uguale capacità e richiedente pressoché uguali tempi di viaggio; d'altra parte, è difficile esprimere l'effetto di attrazione del traforo in termini quantitativi, mentre è agevole misurare sperimentalmente tale effetto, e ciò agli effetti operativi è altrettanto utile. Comunque, in questo studio, sono state sondate ambedue le vie, quella teorica e quella sperimentale.

Si passa, ora, ad esporre le tecniche di calcolo relative ai problemi posti dal descritto modello di ripartizione.

L'algoritmo ed il programma di calcolo per il calibramento

Per calibrare il modello [10], occorre determinare il valore sia dei fattori W_k sia del parametro α .

Per comodità di esposizione, si comincerà con l'affrontare separatamente i due problemi, per poi passare alla procedura di calibramento complessiva.

Per quanto attiene ai fattori W_k , la già rilevata analogia tra il modello di distribuzione e quello di ripartizione può essere estesa anche alle procedure di calcolo; cioè, procedendo in modo analogo a quanto è stato fatto in 5.1.4.2, si può costruire un algoritmo di

calcolo per i W_k simile a quello là sviluppato per il calcolo dei pesi di attrazione delle destinazioni (cfr.: la [7] e la [8]). Naturalmente, per poter usare un simile algoritmo, è necessario disporre dei dati relativi al flusso di traffico totale su ciascun transito, rilevati ad una epoca iniziale di riferimento; così come per il modello di distribuzione era necessario disporre dell'attrazione totale di ciascuna destinazione (9). Si definiscono, quindi, le grandezze:

T_k = traffico totale annuo del transito k , relativo alla data di calibramento.

Posto quanto precede, si può configurare il seguente algoritmo:

I. al passo iniziale, porre come prima approssimazione:

$$W_k^{(0)} = T_k / \sum_k T_k ;$$

II. quando si disponga dei risultati dell'iterazione n -esima ($n = 0, 1, 2, \dots$), calcolare l'approssimazione $(n + 1)$ -esima con la formula:

$$W_k^{(n+1)} = \beta_k / \sum_k \beta_k, \quad [13]$$

in cui i β_k sono dati da:

$$\beta_k = T_k / \sum_{ij} (F_{ij} f_{ij}^k / \sum_k f_{ij}^k W_k). \quad [14]$$

E' immediato constatare come la [13] e la [14] siano formalmente identiche alla [7] ed alla [8], per cui non si ripeterà la derivazione dettagliata.

Si passa ora, al problema del calibramento del parametro α , cioè del tasso che compare all'esponente del fattore di impedenza. In generale, la procedura che viene seguita per la calibrazione di detto

9. Si fa notare, tuttavia, una fondamentale differenza tra i due modi di procedere: nel caso della distribuzione, i totali alle destinazioni erano dati esogeni per tutte le scadenze di previsione, in quanto prodotti della fase di generazione; nel caso della ripartizione ai transiti, il traffico totale ai transiti è dato solo ad una epoca iniziale e, solo a tale epoca, vanno calcolati i fattori W_k , poiché, per tutte le scadenze di previsione successive, essi non vengono ricalcolati ma mantenuti costanti.

parametro consiste nel determinarne il valore in modo da uguagliare il tempo medio di viaggio rilevato sperimentalmente a quello calcolato con il modello. In questo caso, è necessario apportare a tale procedura alcune modifiche, dovute a carenza di dati. Più esattamente, è stato possibile avere una stima attendibile del tempo medio di viaggio solo per il traffico ferroviario, ma non per il traffico totale (comprendente, cioè, anche quello su strada). Pertanto, l'uguaglianza è stata imposta solo tra i tempi medi, teorico e sperimentale, relativi alla ferrovia. Più precisamente, viene considerato solo il traffico ferroviario relativo ai transiti di Ventimiglia e di Modane, in quanto il transito di Domodossola, come si è fatto già notare, fa riconoscere la compresenza del traffico verso la Svizzera e l'Europa centrale, il che costituisce un fatto di disturbo, che è opportuno eliminare; inoltre, il tempo medio considerato riguarda solo la parte di viaggio relativa al tratto italiano; anche questa limitazione è dovuta a carenza di dati (10).

Usando le grandezze definite in precedenza, l'espressione teorica per il valore del tempo medio di viaggio nel tratto italiano è data da:

$$\mu(\alpha) = \frac{\sum_{k=1}^2 t_{ik} \sum_j F_{ij}^k}{\sum_{k=1}^2 T_k},$$

in cui gli F_{ij}^k sono dati dalla [10].

Uguagliando tale espressione al valore sperimentale del tempo medio di viaggio, che si indicherà con $\bar{\mu}$, si ha che α deve essere calcolato come radice dell'equazione:

$$\mu(\alpha) = \bar{\mu}.$$

10. I dati adoperati sono rilevati dalle FS, la cui competenza ovviamente ha termine col confine di Stato. Pertanto, da questa fonte non è possibile trarre la destinazione esatta dei viaggi verso la Francia; è, invece, possibile trarre come tali viaggi si distribuiscono secondo i transiti.

Questa è una equazione non risolvibile analiticamente, ma di agevole soluzione con metodi numerici; nel caso in oggetto, è stato usato il metodo per approssimazioni successive di Newton-Raphson. Non ci si dilungherà sui dettagli teorici di tale metodo; ci si limiterà a dire che esso può tradursi nel seguente algoritmo iterativo:

I. al passo iniziale, porre $\alpha_0 = 0$; [15]

II. quando si disponga dei risultati dell'iterazione n -esima, calcolare l'approssimazione $(n + 1)$ -esima del tasso di impedenza con la formula:

$$\alpha_{n+1} = \alpha_n - [\mu(\alpha_n) - \bar{\mu}] / \mu'(\alpha_n), \quad [16]$$

in cui μ' è la derivata della funzione $\mu(\alpha)$.

Per completezza, si dà qui di seguito l'espressione esatta per il calcolo della derivata. Si dimostra che:

$$\mu'(\alpha) = \frac{\sum_{k=1}^2 t_{ik} \sum_j \partial F_{ij}^k / \partial \alpha}{\sum_{k=1}^2 T_k}, \quad [17]$$

in cui:

$$\partial F_{ij}^k / \partial \alpha = F_{ij}^k [\mu_{ij} - (t_{ik} + t_{jk})] \quad [18]$$

ed i μ_{ij} sono dati da:

$$\mu_{ij} = \frac{\sum_k (t_{ik} + t_{jk}) W_k f_{ij}^k}{\sum_k W_k f_{ij}^k} \quad [19]$$

Si passa ora, alla procedura di calibramento complessiva. Il calibramento dei fattori W_k richiede che sia noto il valore di α e, viceversa, il calibramento di α richiede che siano noti i valori dei W_k . Si può, quindi, immaginare una procedura complessiva che,

partendo da una assunzione iniziale su una delle quantità (ad esempio, sul tasso di impedenza α), ripeta i due calibramenti in modo alternato, fino alla riduzione dell'errore al livello desiderato. Per l'esecuzione della suddetta procedura è stato predisposto un programma di calcolo in linguaggio Fortran: la procedura di tale programma è piuttosto complessa, poiché contiene anche parti aventi lo scopo di: calcolare parametri statistici ed indicatori vari, analizzare le interrelazioni tra i vari transiti e così via. Ci si limiterà qui a descrivere la sezione di calibramento vero e proprio, che è contenuta nella parte centrale del programma principale (per il coordinamento della procedura ed il calcolo del tasso di impedenza) e nella subroutine PAT (per il calcolo dei pesi dei transiti W_k). Il funzionamento di questa parte del programma è riassunto nel diagramma e blocchi di figura 5.11. Si procede ad una breve descrizione del significato dei passi corrispondenti ai vari blocchi del diagramma:

blocchi 1-3: all'inizio, vengono posti uguali a 0 il contatore generale di iterazioni, m , ed il valore iniziale del tasso di impedenza α ; il valore corrente di α viene assegnato anche alla grandezza A . Più avanti, nel programma, servirà confrontare questo valore col nuovo valore di α che verrà calcolato;

blocchi 4-11: questi blocchi descrivono la procedura di calcolo dei fattori di capacità dei transiti W_k , mediante l'algoritmo definito dalle [13] e [14]. La struttura di questa parte del programma è pressoché identica a quella del diagramma di figura 5.7, a cui si rinvia per eventuali confronti e riferimenti. Il risultato finale, all'uscita "si" dal blocco 10, è una nuova stima dei fattori W_k ;

blocchi 12-15: questi blocchi descrivono la procedura di calcolo del tasso di impedenza α , mediante l'algoritmo definito dalle [15], [16], [17], [18] e [19]. Tale procedura si arresta quando la deviazione tra tempo medio teorico e tempo medio sperimentale è, in valore assoluto, minore della tolleranza prefissata. Quando ciò non si verifichi, il contatore di iterazioni per il calcolo di α , l , viene incrementato di una unità e l'algoritmo procede ad un'altra iterazione;

blocco 16: in questo blocco, il valore del tasso di impedenza calcolato nell'iterazione complessiva precedente, che è stato indicato

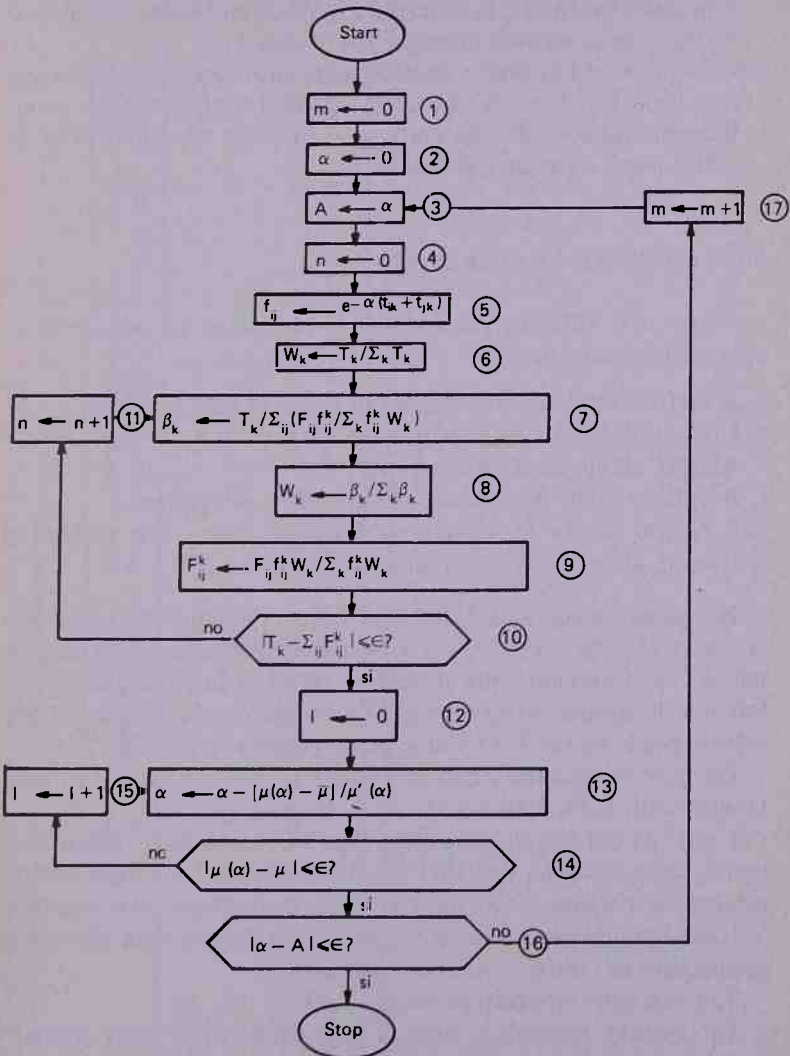


Fig. 5.11 – Diagramma della procedura di calibramento del modello di ripartizione del traffico ai transiti

con A, viene confrontato col nuovo valore calcolato di α . Se la differenza tra i due valori è minore, in valore assoluto, della tolleranza prefissata, la procedura è conclusa. Qualora ciò non si verifichi, la procedura prosegue col blocco 17;

blocco 17: se si è arrivati a questo passo, vuol dire che le iterazioni non sono concluse. Si aggiorna, quindi, il contatore generale m, incrementandolo di una unità, e si procede alla ripetizione di tutti i passi, a partire dal blocco 3.

I dati necessari per il calibramento

Come si è visto in precedenza, la procedura di calibramento opera sui seguenti dati:

- a. la matrice origine-destinazione, all'epoca di calibramento;
- b. i tempi di viaggio tra zone italiane e transiti e tra zone francesi e transiti, all'epoca di calibramento;
- c. il traffico totale per transito, all'epoca di calibramento;
- d. il tempo medio di viaggio su ferrovia, dalle zone italiane ai transiti, all'epoca di calibramento.

Per quanto riguarda i dati di cui sub a., essi sono stati già riportati nelle tabelle 5.19, 5.20 e 5.21, rispettivamente, per il traffico merci in esportazione, per il traffico merci in importazione, per il traffico di persone nei due sensi. Si ricorda che l'epoca di calibramento, per le merci, è il 1970 e, per le persone, è il 1974.

Per quanto riguarda i dati di cui sub b., essi sono riportati nelle tabelle 5.28, 5.29, 5.30 e 5.31.

I dati di cui sub c., sono stati ricavati, per quanto riguarda le merci, dalla indagine dell'Uicf già citata (cfr.: 5.1.3.3); per quanto riguarda le persone, essi sono stati stimati ripartendo il flusso totale Italia-Francia nei due sensi proporzionalmente al tgm rilevato al censimento del traffico Anas dell'anno 1975.

Tali dati sono riportati in tabella 5.32.

Per quanto riguarda i dati di cui sub d., sono stati stimati i seguenti valori (11):

11. I tempi medi di viaggio sono quelli risultanti dagli orari ufficiali delle FS e delle Sncl, relativi sia ai treni merci che ai treni passeggeri. Essi sono comprensivi quindi delle soste e delle attese ordinarie alle stazioni.

Tab. 5.28 — *Tempi di viaggio per le merci tra le zone italiane e i transiti (ore)**

Zona	Transito									
	Venti- miglia	Modane	Domo- dossola	Men- tone	Mongi- nevro	Monte Bianco	Mon- cenisio	Madda- lena	Col di Tenda	Fréjus
Torino	34	12	14	10	8	4	6	9	9	7
Genova	12	19	32	5	15	11	13	9	8	14
Brescia	38	41	26	10	12	10	10	12	12	12
Firenze	54	65	43	12	19	14	17	17	17	18
Reggio Calabria	96	71	89	38	45	49	51	43	42	44

*I tempi sono comprensivi delle soste e dei vincoli contrattuali per i conducenti. Il traforo stradale del Frejus è chiuso all'epoca di calibramento (1970).

Tab. 5.29 — Tempi di viaggio per le merci tra le zone francesi e i transiti (ore)*

Zona	Transito									
	Venti- miglia	Modane	Domo- dassola	Men- tone	Mongi- nevro	Monte Bianco	Mon- cenisio	Madda- lena	Col di Tenda	Fréjus
Lione		22		22		27	17			9
Marsiglia	14			11	14			14	11	
Parigi		43	41	39		35	34			27
Bordeaux	28	51		30	31	39	39	31	30	31

*Per i criteri di stima cfr. nota alla tabella 5.28. Le caselle vuote indicano mancanza di treni (per la ferrovia) e percorsi infattibili (per la strada). Il traforo stradale del Fréjus è chiuso all'epoca di calibramento (1970).

Tab. 5.30 - Tempi di viaggio per le persone tra le zone italiane e i transiti (ore)*

Zona	Transito							
	Venti- miglia	Modane	Domo- dossola	Men- tone	Mongi- nevro	Monte Bianco	Mon- cenisio	Col di Tenda
Torino	3,8	1,9	3,6	3,0	1,6	1,6	1,4	1,9
Genova	2,9	4,2	4,3	1,3	3,4	3,5	3,1	2,0
Brescia	6,1	4,8	2,8	3,8	3,7	2,9	3,5	3,8
Firenze	6,8	7,5	5,9	3,7	5,8	4,8	5,6	4,6
Reggio Calabria	18,9	20,2	20,3	13,5	16,3	16,0	16,1	13,7
							14,3	16,0

*Fonti: FS, SnCF. Il traforo stradale del Fréjus è chiuso alla data di calibramento (1974).

Tab. 5.31 - Tempi di viaggio per le persone tra le zone francesi e i transiti (ore)*

Zona	Transito									
	Venti- miglia	Niodane	Damo- dossola	Men- tone	Mongi- neiro	Monte Bianco	Mon- ceniso	Madda- lena	Col di Tenda	Fréjus
Lione	9,0	2,4		4,6	3,7	3,1	2,7	5,6	5,7	2,5
Marsiglia	4,0			2,7	4,3	6,7	5,3	4,2	4,5	
Parigi	13,5	7,0	7,7	8,4	7,5	6,5	6,6	9,4	9,0	8,0
Bordeaux	13,2			11,7	12,1	15,9	13,6	13,6	13,9	13,5

*Per le fonti, cfr.: nota alla tabella 5.30. Le caselle vuote indicano mancanza di treni (per la ferrovia) e percorsi infattibili (per la strada). Il traforo stradale del Fréjus è chiuso all'epoca di censimento (1974).

Tab. 5.32 – Passaggi totali ai transiti, all'epoca di calibramento

Transito	Merci (1970)		Persone (1974)
	Italia-Francia (migliaia di tonnellate)	Francia-Italia	(nei due sensi) (migliaia di unità)
Ventimiglia	253	744	2.513
Modane	1.067	3.941	1.190
Domodossola*	45	935	431
Mentone	280	325	8.120
Monginevro	35	63	926
Monte Bianco	540	583	3.437
Moncenisio	53	74	459
Maddalena	35	49	344
Col di Tenda	98	138	2.009
Totale	2.406	6.850	19.429

*E' chiaro che il traffico di Domodossola, qui riportato, non è tutto il traffico di Domodossola: esso è solo il traffico tra l'Italia e la Francia (che usa il transito di Domodossola).

I. per le merci:

dall'Italia alla Francia $\bar{\mu} = 38,06$ h;

dalla Francia all'Italia $\bar{\mu} = 30,46$ h;

II. per i passeggeri:

nei due sensi $\bar{\mu} = 7,04$ h.

Verifica sperimentale

Una stima dell'efficacia del modello di ripartizione, nel riprodurre il traffico ai transiti, è ottenibile dal confronto tra i flussi di traffico calcolati e quelli rilevati.

Purtroppo, dati relativi alla ripartizione del traffico per origini, destinazioni e transiti, non sono stati rilevati in forma completa a nessuna epoca; è, però, possibile disporre di alcuni dati parziali. Ci si riferisce, in particolare, all'indagine sulle correnti di traffico merci, condotta annualmente dalle FS: da tale indagine si possono ricavare i dati relativi al traffico di merci da ogni zona italiana ad ogni transito, e viceversa. Posto ciò, la verifica, per quanto riguarda le merci, può essere condotta sulle correnti di traffico tra le zone italiane ed i transiti ferroviari di Ventimiglia e Modane, utilizzando

i dati relativi all'epoca di calibramento, cioè il 1970.

Una misura sintetica della corrispondenza tra i flussi reali (rilevati dalle FS) e quelli calcolati è data dal coefficiente di correlazione; infatti, se i due insiemi di dati corrispondono esattamente, in un diagramma cartesiano essi si collocano sulla bisettrice del primo quadrante e si ha correlazione lineare perfetta; più ci si discosta da questa situazione ideale, minore sarà il valore del coefficiente di correlazione.

I flussi teorici vengono calcolati, per l'epoca di calibramento (il 1970), mediante la [10], sostituendo in essa, per i tassi di impedenza α e per i pesi di attrazione dei transiti W_k , i valori ottenuti nella fase di calibramento. Tali valori sono riportati nella tabella 5.33.

I flussi calcolati, al 1970, relativi ai transiti ferroviari di Ventimiglia e Modane, sono riportati nella seconda colonna delle tabelle 5.34 e 5.35. In dette tabelle sono riportati anche, a titolo di confronto, i valori dei flussi rilevati nonché gli errori assoluti e percentuali.

In ambedue i casi, ma sopra tutto in quello della tabella 5.34, si rileva una discrepanza significativa per il traffico relativo alla relazione tra la zona di Genova ed il transito di Ventimiglia; ciò è dovuto, in elevata misura, a discrepanze nei dati di entrata. Ad esempio, dai dati di fonte Eurostat si trae che, nel 1970, le merci inviate per ferrovia da Genova a Marsiglia sono ammontate a 90 migliaia di tonnellate; è ovvio che tale traffico sia passato tutto per il transito di Ventimiglia, il cui flusso quindi non può essere minore di 90 migliaia di tonnellate; per contro, il dato di fonte FS è di 59 migliaia di tonnellate, quindi assai inferiore a 90 migliaia di tonnellate. La procedura di calibramento ha, comunque, "mediato" automaticamente i dati discrepanti introdotti.

La bontà della corrispondenza tra dati reali e dati calcolati può essere rappresentata graficamente, come nei grafici delle figure 5.12 e 5.13. Si ricorda che, per una buona concordanza, i punti aventi come coordinate i due flussi (calcolato e sperimentale) devono collocarsi intorno alla bisettrice del primo quadrante del piano cartesiano.

I parametri statistici relativi all'analisi di correlazione sono riportati in tabella 5.36. I coefficienti di correlazione hanno valori molto vicini all'unità; quindi, la corrispondenza si può considerare buona.

Tab. 5.33 – Risultati della fase di calibramento per il traffico internazionale: pesi di attrazione dei transiti e tassi di impedenza (percentuale)

Transito	Pesi di attrazione dei transiti (W)		
	Merci		Persone
	Italia-Francia	Francia-Italia	(nei due sensi)
Ventimiglia	12,90	17,02	14,63
Modane	35,34	43,84	8,89
Domodossola	2,38	21,08	3,98
Mentone	8,88	2,72	38,63
Monginevro	2,38	1,20	5,02
Monte Bianco	28,48	10,87	15,73
Moncenisio	1,85	0,65	2,14
Maddalena	2,06	0,71	1,64
Col di Tenda	5,74	1,91	9,34
Totale	100,00	100,00	100,00
Tassi di impedenza			
	0,003755	0,02159	0,03689

Tab. 5.34 – Confronto tra flussi di merci rilevati e calcolati, dall'Italia alla Francia attraverso i transiti ferroviari di Ventimiglia e di Modane, all'epoca 1970

Transito	Zona di provenienza	Flusso di merci		Errore	
		Rilevato	Calcolato	Assoluto	Relativo
1	2	3	4	5 = 4 - 3	6 = $\frac{4 - 3}{3}$
		(migliaia di tonnellate)			(%)
Ventimiglia	Torino	25	29	4	16,00
	Genova	59	94	35	59,32
	Brescia	93	67	-26	-27,96
	Firenze	56	43	-13	-23,21
	Reggio Calabria	20	20		
Modane	Torino	353	313	-40	-11,33
	Genova	67	102	35	52,24
	Brescia	309	305	- 4	- 1,29
	Firenze	238	239	1	0,42
	Reggio Calabria	100	108	8	- 8,00

Tab. 5.35 – Confronto tra flussi di merci rilevati e calcolati, dalla Francia all'Italia attraverso i transiti ferroviari di Ventimiglia e di Modane, all'epoca 1970

Transito	Zona di destinazione	Flusso di merci		Errore	
		Rilevato	Calcolato	Assoluto	Relativo
1	2	3	4	5 = 4 - 3	6 = $\frac{4-3}{3}$
		(migliaia di tonnellate)			(%)
Ventimiglia	Torino	131	198	67	51,15
	Genova	214	152	-62	-28,97
	Brescia	275	321	46	16,77
	Firenze	104	65	-39	-37,50
	Reggio Calabria	20	8	-12	-60,00
Modane	Torino	1.814	1.718	-96	- 5,29
	Genova	135	183	48	35,56
	Brescia	1.518	1.637	119	7,84
	Firenze	421	338	-83	-19,71
	Reggio Calabria	53	65	12	22,64

Tab. 5.36 – Parametri statistici relativi all'analisi di correlazione tra flussi di merci rilevati e calcolati

	Italia-Francia	Francia-Italia
Coefficiente di correlazione		
r	0,9832	0,9940
Coefficiente di determinazione		
r^2 (%)	96,67	98,81
Errore quadratico medio di stima		
σ	22,34	66,95

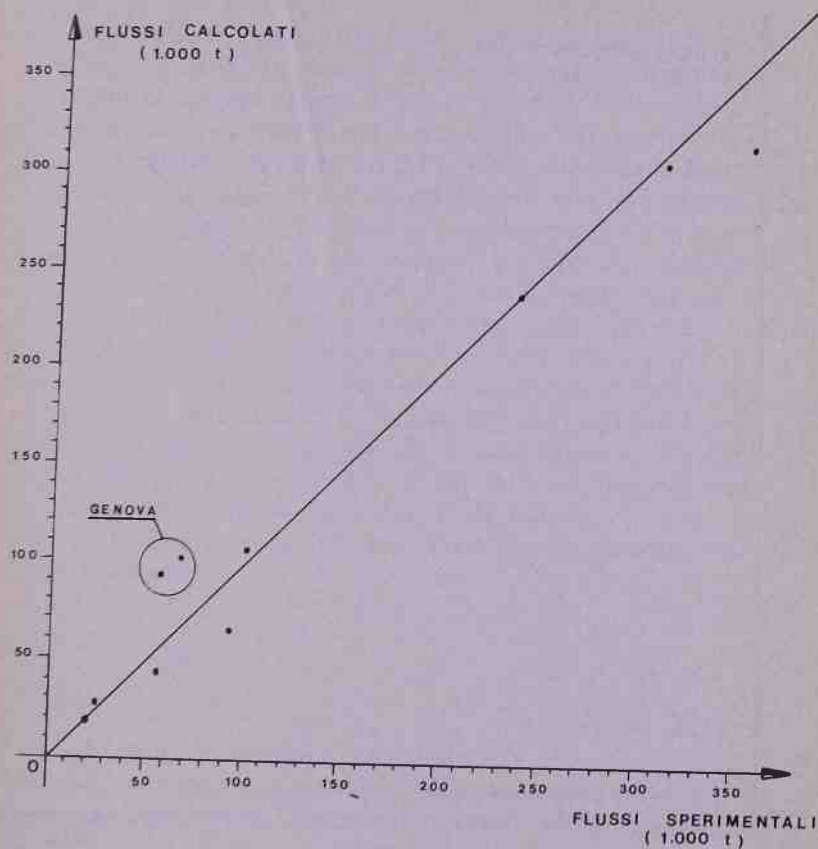


Fig. 5.12 — Grafico della correlazione tra flussi di merci calcolati e sperimentali dall'Italia alla Francia attraverso i transiti ferroviari di Ventimiglia e di Modane

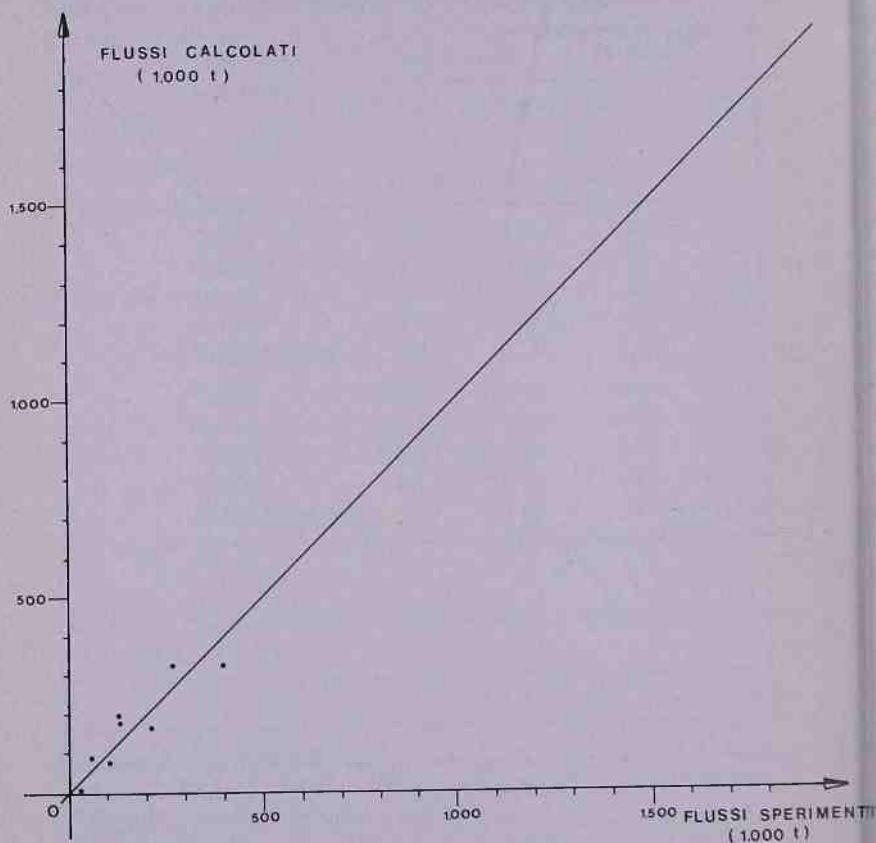


Fig. 5.13 – Grafico della correlazione tra flussi di merci calcolati e sperimentali dalla Francia all'Italia attraverso i transiti ferroviari di Ventimiglia e di Modane

Relazione tra fattori di attrazione e capacità dei transiti

Le grandezze W_k , cioè i fattori di attrazione dei transiti ottenuti in sede di calibramento, possono essere considerati come indicatori del livello di servizio offerto o, più in generale, come indicatori dell'attrazione, esercitata da ciascun transito e dovuta a tutti quei fattori (qualitativi e quantitativi) che non dipendono dalla distanza o dal tempo di viaggio. Per l'uso previsionale non è strettamente necessario spiegare i W_k : si possono semplicemente usare i valori ottenuti per essi in sede di calibramento, pur non sapendo esattamente che cosa ne ha determinato il valore. Tuttavia, lo scopo che ci si prefigge non è solo, e non è sopra tutto, quello di produrre ciò che è strettamente strumentale alla previsione, ma è anche ed è sopra tutto, quello di permettere una maggiore comprensione dei fenomeni che determinano il comportamento degli utenti nella scelta dei transiti. In relazione a ciò, in quanto segue si condurrà una verifica sperimentale della [12], in cui viene ipotizzata una dipendenza dei fattori W_k dalle capacità dei transiti.

Per la verifica sperimentale, sono state provate le seguenti due ipotesi alternative:

$$a. W_k/W_o = \alpha C_k^\beta,$$

in cui:

W_k è il fattore di attrazione del transito k ;

W_o è il fattore di attrazione del transito assunto come riferimento (in questo caso, è stato assunto come riferimento Mentone);

C_k è la capacità del transito k in veicoli/h, calcolata in base alle caratteristiche della viabilità di accesso al transito e ad un livello di servizio standard prefissato (in questo caso, il livello D);

α, β sono costanti da determinare sperimentalmente;

$$b. W_k/W_o = \alpha e^\beta C_k,$$

in cui i simboli hanno lo stesso significato sopra definito ed e è la base dei logaritmi neperiani.

La differenza principale fra le due ipotesi è che in sub a. si assume una curva ad elasticità costante ed in sub b. si assume una curva ad elasticità crescente con la capacità (12).

I dati ed i risultati dell'analisi di regressione sono riportati nelle tabelle 5.37 e 5.38.

Circa l'efficacia delle due ipotesi alternative si nota che, mentre l'ipotesi sub a. (elasticità costante) si adatta meglio al caso delle persone, l'ipotesi sub b. (elasticità variabile) si adatta meglio al caso delle merci. Ciò appare più chiaramente dall'esame dei coefficienti di correlazione; essi sono riportati in tabella 5.39, assieme alle equazioni corrispondenti.

I coefficienti di correlazione sono elevati in tutti i casi considerati. Tuttavia, si riconosce una sensibile differenza tra i valori relativi al caso delle merci ed i valori relativi al caso delle persone; infatti, mentre la percentuale di variazione spiegata per le merci arriva al 97 per cento circa, la corrispondente percentuale per le persone arriva solo all'82 per cento circa. Ciò significa che, mentre nel caso del traffico di merci, la capacità risulta essere il fattore determinante, in misura pressoché esclusiva, del valore del peso di attrazione del transito; nel caso del traffico di persone il valore del peso di attrazione del transito dipende anche, in una misura non del tutto trascurabile, da fattori diversi dalla capacità, e per altro di natura difficilmente determinabile. Ciò è in accordo con l'intui-

12. L'elasticità di una funzione continua e derivabile $f(x)$ è definita come:

$$(df/f)/(dx/x) = f'(x) [x/f(x)],$$

in cui $f'(x)$ è la derivata prima di f rispetto ad x .

Per la funzione:

$$f(x) = \alpha x^\beta \text{ (ipotesi sub a.)},$$

si ha:

$$f'(x) = \alpha \beta x^{\beta-1} = (\beta/x) f(x),$$

e quindi:

$$f'(x) (x/fx) = \beta$$

per cui l'elasticità risulta costante.

Per la funzione:

$$f(x) = \alpha e^{\beta x} \text{ (ipotesi sub b.)},$$

si ha:

$$f'(x) = \alpha \beta e^{\beta x} = \beta f(x),$$

e quindi:

$$f'(x) [x/f(x)] = \beta x,$$

per cui l'elasticità risulta direttamente proporzionale ad x .

Tab. 5.37 – Relazione tra fattori di attrazione dei transiti e capacità, relativamente al traffico di merci, ai transiti stradali

Transito	W_k/W_0				
	Capacità* (veicoli/h)	Effettivi		Calcolati nell'ipotesi	
		Dall'Italia alla Francia	Dalla Francia all'Italia	Sub a.	Sub b.
Monginevro	280	0,2680	0,4412	0,3716	0,3228
Monte Bianco	1.025	3,2072	3,9963	2,9553	3,7377
Moncenisio	163	0,2083	0,2390	0,1565	0,2197
Maddalena	262	0,2320	0,2610	0,3341	0,3043
Col di Tenda	450	0,6464	0,7022	0,7930	0,5645

*Nel calcolo delle capacità effettive si è tenuto conto degli eventuali periodi di chiusura invernale dei transiti. Così, ad esempio per i valichi del Moncenisio e della Maddalena aperti rispettivamente 7 e 9 mesi all'anno, le capacità originarie (rispettivamente 280 e 350 veicoli/h) sono state moltiplicate per i fattori riduttivi 7/12 e 9/12.

Tab. 5.38 – Relazione tra fattori di attrazione dei transiti e capacità, relativamente al traffico di persone, ai transiti stradali

Transito	W_k/W_0			
	Capacità* (veicoli/h)	Effettivi (nei due sensi)	Calcolati nell'ipotesi	
			Sub a.	Sub b.
Monginevro	280	0,1300	0,0939	0,0867
Monte Bianco	1.025	0,4072	0,4571	0,4913
Moncenisio	163	0,0554	0,0485	0,0661
Maddalena	262	0,0425	0,0866	0,0832
Col di Tenda	450	0,2420	0,1674	0,1288

*Cfr.: nota alla tabella 5.37.

zione, poiché è chiaro che i fattori imponderabili e soggettivi, se ci sono, influiscono di più sul comportamento delle persone che non su quello delle merci.

Nelle figure 5.14 e 5.15 sono riportati i grafici delle due ipotesi

Tab. 5.39 — Prospetto comparativo delle ipotesi alternative di relazione tra pesi di attrazione dei transiti e capacità: equazioni di regressione e coefficienti di correlazione

	W/W_0 Ipotesi	
	Sub a.	Sub b.
<i>Merci</i>		
Equazione	$4,5656 \cdot 10^{-5} \cdot C^{1,5980}$	$0,1286 \cdot e^{0,003287 C}$
Coefficiente di correlazione r	0,9643	0,9842
Coefficiente di determinazione r^2 (%)	92,84	96,87
<i>Persone</i>		
Equazione	$9,7021 \cdot 10^{-5} \cdot C^{1,2200}$	$0,0452 \cdot e^{0,002328 C}$
Coefficiente di correlazione r	0,9037	0,8398
Coefficiente di determinazione r^2 (%)	81,67	70,53

migliori, cioè la sub b. per le merci e la sub. a. per le persone. Dall'esame dei diagrammi si trae che, nonostante l'elevata correlazione, i dati sperimentali non si collocano perfettamente sulle curve teoriche. Ne consegue che, ai fini dell'elaborazione delle previsioni, non è consigliabile usare i risultati forniti dalle curve, ma attenersi ai dati ottenuti per via sperimentale, cioè ai valori W_k ottenuti nella fase di calibramento. Posto ciò, si deve aggiungere che l'analisi di correlazione qui condotta ha ugualmente importanti implicazioni operative, poiché chiarisce come la domanda di trasporto si ripartisca — tra le alternative disponibili — non solo in funzione del tempo di viaggio, ma anche in funzione della capacità offerta. Ne consegue che, in sede di pianificazione, l'operatore di decisione dovrà tenere conto della capacità come variabile decisionale, che non può essere determinata esclusivamente a posteriori, quale soddisfazione di un fabbisogno; essa, al contrario, deve intervenire simultaneamente alle altre decisioni di piano, poiché a diversi valori delle capacità corrispondono diverse ripartizioni del traffico.

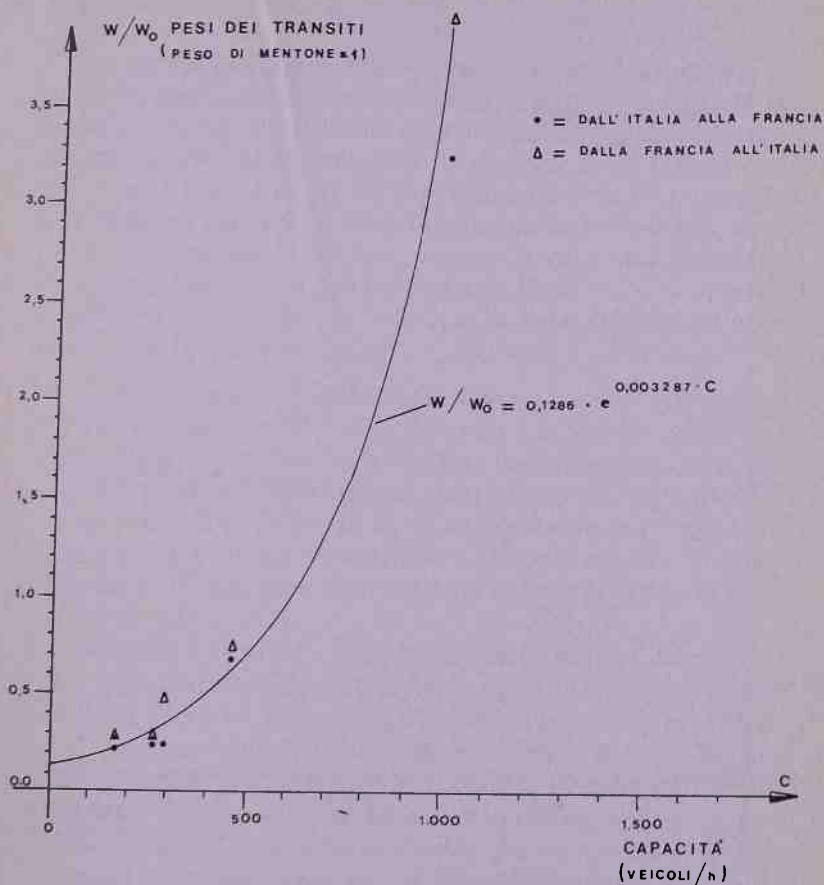


Fig. 5.14 – Relazione fra capacità e pesi di attrazione dei transiti, per il traffico di merci

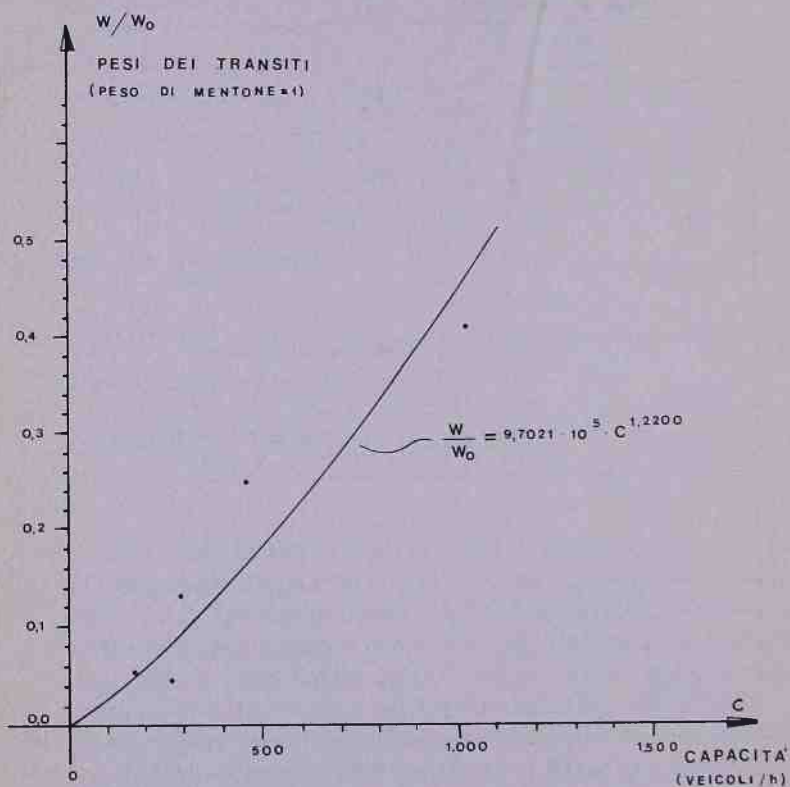


Fig. 5.15 – Relazione fra capacità e pesi di attrazione dei transiti, per il traffico di persone

5.1.5.3. *L'uso previsionale e di ausilio alla decisione del modello adottato*

Si comincia con il richiamare la struttura decisionale del processo di previsione di traffico, così come è stata schematizzata nel diagramma in figura 5.1; di tale diagramma si riprende solo l'ultimo blocco, quello relativo alla fase di ripartizione ai transiti. Tale blocco può ora essere precisato in termini quantitativi, come nel diagramma in figura 5.16. In detto diagramma è schematizzato un processo di controllo, cioè un processo in cui i risultati ottenuti sono parzialmente modificabili mediante l'intervento di operatori umani; più esattamente, si introduce la seguente nomenclatura, seguendo la terminologia corrente della teoria della decisione:

- a. i flussi per ogni coppia O-D e per ogni scadenza di previsione T , $F_{ij}(T)$, sono le variabili condizionanti il processo, cioè quelle il cui valore non può essere modificato dal decisore politico, ma è determinato da fattori su cui quest'ultimo non è in grado di intervenire. Il fatto che gli $F_{ij}(T)$ non possano essere oggetto di decisione (in questo contesto) non significa che essi non debbano essere studiati; essi sono, infatti, l'oggetto della fase di distribuzione (cfr.: 5.1.4);
- b. i valori delle capacità e delle lunghezze (o durate) dei percorsi, per ogni transito e coppia O-D, rappresentano le variabili decisionali del processo, cioè quelle il cui valore può essere modificato dal decisore politico. Poiché, come si è visto in 5.1.5.2, esiste una relazione tra fattori di attrazione e capacità dei transiti, l'insieme delle variabili decisionali del processo è dato dalle capacità delle vie di accesso ai transiti, che condizionano il valore assunto dalle grandezze W_k , e dalle lunghezze (o durate) dei percorsi, t_{ik} e t_{jk} . Se, ad una data scadenza temporale, viene introdotto un nuovo intervento (ad esempio, l'apertura di un nuovo traforo), ad esso saranno ovviamente associate una nuova capacità, cioè un nuovo W_k , e nuove lunghezze (o durate) dei percorsi, cioè nuovi t_{ik} e t_{jk} ; in questo senso, il nuovo insieme di valori che si avrà dopo l'intervento $\{W_k, t_{ik}, t_{jk}\}$ costituisce una politica d'intervento. Scopo di un processo di decisione, come quello schematizzato in figura 5.16, è quello di sondare le conseguenze di politiche d'intervento alternative;

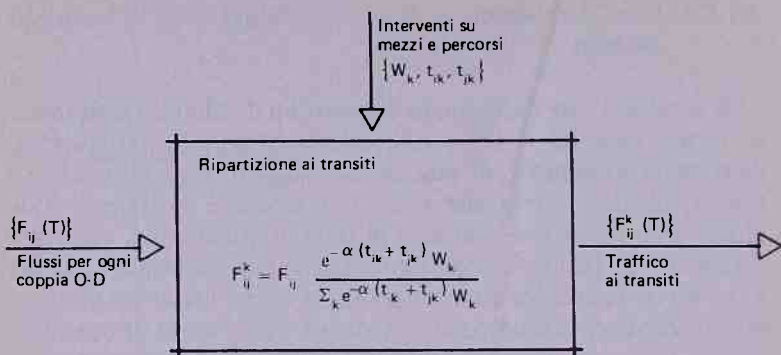


Fig. 5.16 – Struttura decisionale del processo di previsione del traffico ai transiti

- c. i flussi di traffico per ciascun transito k ed a ciascuna scadenza di previsione T , $F_{ij}^k(T)$, rappresentano le conseguenze dell'effetto combinato di variabili condizionanti e variabili decisionali sulla ripartizione del traffico, cioè lo stato del sistema risultante dall'applicazione delle politiche d'intervento (per flussi O-D dati). Nel caso in oggetto, lo stato del sistema, ad ogni scadenza, è costituito dai risultati prospettici della ripartizione ai transiti. E' chiaro che gli $F_{ij}^k(T)$ così ottenuti non sono una pura e semplice previsione: essi sono la conseguenza (prevista) delle politiche d'intervento applicate al processo. Ad ogni mutamento delle politiche d'intervento corrisponde un determinato $F_{ij}^k(T)$, cioè un determinato assetto di ripartizione ai transiti. In tal modo, si mette l'operatore politico nella condizione di scegliere la politica d'intervento che persegua nel modo migliore l'obiettivo dato;
- d. la formula contenuta all'interno del blocco, sotto l'intestazione "ripartizione ai transiti", rappresenta la funzione di trasformazione, cioè la relazione che lega insieme variabili condizionanti, variabili decisionali e stato del sistema; essa non è altro che il modello di ripartizione introdotto nella [10] e può essere interpretata come una macchina, che entra in funzione qualora gli vengano forniti flussi interzonal, $F_{ij}(T)$, e le politiche di intervento, $\{W_k, t_{ik}, t_{jk}\}$, e che fornisce come risultato la ripartizione ai transiti, $F_{ij}^k(T)$.

In 5.1.5.2 è stata esposta la teoria del modello di ripartizione, unitamente alle verifiche sperimentali che ne suffragano la validità. Oggetto di quanto segue sarà l'esposizione degli aspetti operativi inerenti l'uso previsionale e di ausilio alla decisione del modello, cioè l'esposizione del programma di calcolo.

La struttura del programma di calcolo viene descritta per mezzo del diagramma a blocchi di cui in figura 5.17. Si procede ad una breve descrizione del significato dei passi corrispondenti ai vari blocchi del diagramma:

- blocco 1: in questo blocco, vengono letti tutti i dati necessari ai calcoli successivi, salvo le politiche d'intervento;
- blocco 2: all'inizio dei calcoli, il calendario T viene posto sull'anno 1977, che è la prima data per cui viene calcolata la ripartizione;
- blocco 3: prima di procedere, ai calcoli per un'altra scadenza di previsione, si controlla se il calendario non ha superato l'orizzonte di previsione massimo, che nel caso in oggetto è il 1989. Se ciò si è verificato, non si procede ad un nuovo calcolo, ma si va al blocco 10; se, invece, non si è ancora superato il 1989, si prosegue con il blocco 4;
- blocco 4: a questo punto, ci si accinge ad eseguire i calcoli di previsione relativi all'anno T corrente; prima di procedere, vengono letti i dati relativi agli interventi che avranno effetto in tale anno. Ciò, in pratica, equivale a leggere nuovi valori per i pesi di attrazione dei transiti e/o per le lunghezze (o durate) di viaggio;
- blocchi 5-7: in questi blocchi, vengono eseguiti tutti i calcoli di routine, la cui struttura è già nota. In particolare, nel blocco 5 vengono calcolati i coefficienti percentuali di ripartizione ai transiti, mediante il modello Logit ed utilizzando i pesi di attrazione dei transiti e le lunghezze (o durate) di viaggio testé letti, relativi all'anno T; nei blocchi 6 e 7, vengono eseguite le operazioni già note di generazione, attrazione, distribuzione, le cui procedure di calcolo sono state descritte in dettaglio in 5.1.3.4 e 5.1.4.2;
- blocco 8. eseguiti i calcoli preliminari, in questo blocco viene calcolata la ripartizione del traffico ai transiti all'anno T;
- blocco 9: prima di passare ad eseguire i calcoli per una nuova scadenza di previsione, il calendario viene fatto avanzare di 3

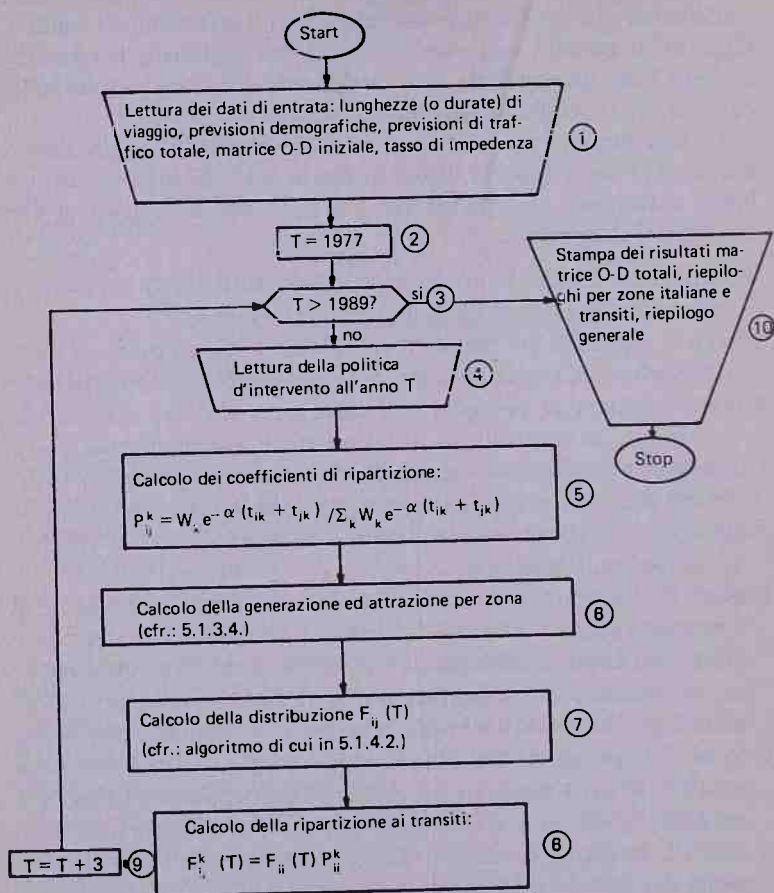


Fig. 5.17 – Diagramma della procedura di calcolo complessiva relativa alle fasi di generazione ed attrazione, distribuzione e ripartizione ai transiti

anni (13); quindi, si ripete la procedura a partire dal blocco 3; blocco 10: se si è arrivati a questo blocco, vuol dire che le previsioni sono state completate per tutte le scadenze di previsione trattate. Si procede, quindi, a stampare i risultati ottenuti, per quanto riguarda generazione, distribuzione e ripartizione; quindi, la procedura ha termine.

La procedura complessiva, schematizzata nel diagramma in figura 5.17, deve essere applicata a ciascun tipo di traffico; nel caso in oggetto, al:

- I. traffico di merci dall'Italia alla Francia;
- II. traffico di merci dalla Francia all'Italia;
- III. traffico di persone tra Italia e Francia.

Come si è visto, la procedura descritta non riguarda in realtà solo la ripartizione, ma contiene al suo interno anche sia la fase di generazione ed attrazione sia la fase di distribuzione. In effetti, l'aver discusso separatamente tali fasi è stato motivato esclusivamente da esigenze di chiarezza espositiva. E' chiaro, però, che la procedura automatizzata di calcolo, che qui è stata descritta sinteticamente nella sua globalità, contiene e coordina tutte le fasi intermedie, al fine di ottenere il risultato finale col cui nome è stata qualificata, cioè la ripartizione futura del traffico ai transiti.

5.1.5.4. *I dati di entrata*

Secondo la nomenclatura introdotta in 5.1.5.3, i dati di entrata della procedura di ripartizione si dividono in:

- a. variabili condizionanti;
- b. variabili decisionali.

In quanto segue si trattano in dettaglio tali variabili.

13. L'intervallo triennale tra le scadenze di previsione è stato adottato in analogia e per omogeneità con la prassi adottata in precedenti studi dell'Ires cui si è fatto riferimento (cfr.: Ires, *Linee di piano territoriale per il comprensorio di Torino*, Guida Editori, Napoli, 1976).

Le variabili condizionanti

La procedura del diagramma in figura 5.17 ha molti dati di entrata, ma ciascuno di essi è stato già introdotto e discusso. Tuttavia, per quanto riguarda la ripartizione ai transiti in senso stretto, le vere e proprie variabili condizionanti sono costituite dalle matrici origine-destinazione per ogni scadenza di previsione, $F_{ij}(T)$ (cfr.: figura 5.16): tali matrici costituiscono il risultato della fase di distribuzione; esse sono già state riportate per esteso in 5.1.4.4.

Le variabili decisionali e le politiche d'intervento alternative

Si richiamano brevemente gli interventi previsti per il periodo 1977-1989:

- a. nel 1980, si colloca l'entrata in funzione del traforo stradale del Fréjus.

Per quanto riguarda la viabilità di accesso a tale traforo quindi, nella valle di Susa, sono state configurate due alternative:

- I. il sostanziale mantenimento dell'attuale sistema di comunicazioni stradali, con l'introduzione di qualche miglioramento puntuale. Dal punto di vista quantitativo, tale ipotesi si traduce nell'assegnare al traforo stradale del Fréjus una capacità di $500 \div 600$ veicoli/h (a livello di servizio D); a tale ipotesi corrispondono i seguenti fattori di attrazione W del transito:

per le merci dall'Italia alla Francia	$W = 0,07946;$
per le merci dalla Francia all'Italia	$W = 0,02434;$
per le persone tra l'Italia e la Francia (nei due sensi)	$W = 0,07354;$

- II. la creazione di una strada a scorrimento veloce. Tale ipotesi renderebbe le condizioni di capacità del traforo stradale del Fréjus analoghe a quelle dell'attuale traforo stradale del Monte Bianco. Dal punto di vista quantitativo, tale ipotesi si traduce nell'assegnare al traforo stradale del Fréjus una capacità di 1.025 veicoli/h (a livello di servizio D); a tale ipotesi corrispondono i seguenti fattori di attrazione W del transito:

per le merci dall'Italia alla Francia	$W = 0,2848;$
per le merci dalla Francia all'Italia	$W = 0,1087;$
per le persone tra l'Italia e la Francia (nei due sensi)	$W = 0,1573;$

b. nel 1983, si colloca il completamento e l'entrata in esercizio del raddoppio della ferrovia Torino-Modane, per il tratto da Bussoleto a Salbertrand. Dal punto di vista quantitativo, tale ipotesi si traduce nell'assegnare al traforo ferroviario di Modane, per il traffico di merci, una capacità di 120-130 treni/giorno, rispetto agli attuali 86 treni/giorno; a tale ipotesi corrispondono i seguenti fattori di attrazione W del transito:

per le merci dall'Italia alla Francia	$W = 0,5201;$
per le merci dalla Francia all'Italia	$W = 0,6862.$

Per quanto riguarda il traffico di persone, non è contemplato alcun aumento di capacità in termini di numero di treni passeggeri/giorno;

c. nel 1989, si colloca l'installazione e l'entrata in esercizio del blocco automatico sulla linea ferroviaria Torino-Modane. Dal punto di vista quantitativo, tale ipotesi si traduce nell'assegnare al traforo ferroviario di Modane, per il traffico di merci, una capacità, di 180-190 treni/giorno; a tale ipotesi corrispondono i seguenti fattori di attrazione W del transito:

per le merci dall'Italia alla Francia	$W = 0,7713;$
per le merci dalla Francia all'Italia	$W = 1,0177.$

Anche in questo caso, per quanto riguarda il traffico di persone non è contemplato alcun aumento di capacità in termini di numero di treni passeggeri/giorno.

Come è evidente, le alternative proposte, per quanto riguarda il sistema di comunicazioni stradali di accesso al traforo stradale del Fréjus, costituiscono due ipotesi di massima, corrispondenti a due configurazioni estreme. Sono però immaginabili configurazioni intermedie a tali configurazioni estreme; ad esempio, anche qualora la decisione finale ricada su una strada a scorrimento veloce, è altamente probabile che tale strada a scorrimento veloce entri in esercizio in ritardo rispetto all'apertura del traforo; in tal caso,

dall'apertura del traforo all'entrata in esercizio della detta strada a scorrimento veloce, varranno le previsioni elaborate in base alla prima ipotesi sub a., mentre dall'entrata in esercizio della detta strada a scorrimento veloce, varranno le previsioni elaborate in base alla seconda ipotesi sub a.

5.1.5.5. *I risultati*

Nelle tabelle dalla 5.40 alla 5.45 sono riportati i flussi totali risultanti, per transito e per tipo di traffico, secondo le due ipotesi prospettate sub a.

5.2. **Traffico pendolare interessante la valle di Susa**

5.2.1. *Introduzione*

Si tratta qui il traffico pendolare, per lavoro e per studio, all'interno della valle di Susa e tra la valle di Susa ed il resto del mondo. La struttura generale del metodo usato è identica a quella già descritta in 5.1.1, relativamente al traffico internazionale di merci e di persone; cioè, essa si articola nelle fasi "classiche" dell'analisi del traffico, che sono le seguenti:

- a. generazione (ed attrazione);
- b. distribuzione;
- c. ripartizione modale;
- d. assegnazione (14).

Per la descrizione dettagliata di tali fasi, si rinvia a 5.1.1.

Qui ci si limita ad aggiungere alcune considerazioni particolari.

In primo luogo, la fase di generazione (ed attrazione), a differenza di quanto fatto per il traffico internazionale di merci e di persone, qui potrà non costituire oggetto di una elaborazione a sé, ma utilizzare le previsioni fornite dal livello di pianificazione supe-

14. A differenza di quanto fatto per il traffico internazionale di merci e di persone, in questo caso si mantengono distinte le fasi di ripartizione modale ed assegnazione.

Tab. 5.40 - Ripartizione ai transiti, attuale (1977) e prevista (1980, 1983, 1986 e 1989), del traffico di merci dall'Italia alla Francia
Prima ipotesi sub a. (sostanziale mantenimento dell'attuale sistema di comunicazioni stradali)

	Venti- miglia	Modane	Domo- dossola	Men- tone	Mongi- nevio	Monte Bianco	Monce- nisio	Madda- lena	Col di Tenda	Fréjus	Totale
Migliaia di 1977 tonnellate	358	1.596	67	672	48	1.460	94	62	175		4.532
%	8	36	1	15	1	32	2	1	4		100
Migliaia di 1980 tonnellate	413	1.696	71	738	55	1.551	100	71	201	443	5.339
%	8	32	1	14	1	29	2	1	4	8	100
Migliaia di 1983 tonnellate	464	2.446	70	768	61	1.521	98	80	226	434	6.168
%	8	40	1	12	1	24	2	1	4	7	100
Migliaia di 1986 tonnellate	526	2.785	80	873	69	1.732	112	91	256	494	7.018
%	7	40	1	12	1	25	2	1	4	7	100
Migliaia di 1989 tonnellate	537	3.535	68	812	69	1.483	96	93	261	423	7.377
%	7	48	1	11	1	20	1	1	4	6	100

T1b. 5.41 — Ripartizione ai transiti, attuale (1977) e prevista (1980, 1983, 1986 e 1989), del traffico di merci dall'Italia alla Francia
 Seconda ipotesi sub a. (creazione di una strada a scorrimento veloce)

	Venti- miglia	Modane	Domo- dossola	Men- tone	Mongi- nevro	Monte Bianco	Monce- nisio	Madda- lena	Col di Tenda	Frejus	Totale
Migliaia di 1977 tonnellate	358	1.596	67	672	48	1.460	94	62	175		4.532
%	8	36	1	15	1	32	2	1	4		100
Migliaia di 1980 tonnellate	401	1.350	57	641	52	1.235	80	69	195	1.262	5.342
%	8	25	1	12	1	23	1	1	4	24	100
Migliaia di 1983 tonnellate	453	2.009	57	684	59	1.249	81	78	221	1.277	6.168
%	7	33	1	11	1	20	1	1	4	21	100
Migliaia di 1986 tonnellate	513	2.288	65	777	66	1.422	92	89	250	1.454	7.016
%	7	33	1	11	1	20	1	1	4	21	100
Migliaia di 1989 tonnellate	527	3.005	58	743	67	1.260	82	91	257	1.288	7.378
%	7	41	1	10	1	17	1	1	3	18	100

Tab. 5.42 - Ripartizione ai transiti, attuale (1977) e prevista (1980, 1983, 1986 e 1989), del traffico di merci dalla Francia all'Italia
Prima ipotesi sub a. (sostanziale mantenimento dell'attuale sistema di comunicazioni stradali)

	Venti- miglia	Modane	Domo- dossola	Men- tone	Mongi- nevro	Monte Bianco	Monce- nisio	Madda- lena	Col di Tenda	Frejus	Totale
Migliaia di 1977 tonnellate	1.344	4.899	1.476	787	137	2.379	140	92	260		11.514
%	12	42	13	7	1	21	1	1	2		100
Migliaia di 1980 tonnellate	1.554	5.515	1.664	897	158	2.669	157	106	300	672	13.692
%	11	40	12	7	1	20	1	1	2	5	100
Migliaia di 1983 tonnellate	1.667	7.931	1.569	896	168	2.482	146	114	323	625	15.921
%	10	50	10	6	1	16	1	1	2	4	100
Migliaia di 1986 tonnellate	1.897	9.080	1.798	1.024	191	2.842	168	129	367	715	18.211
%	10	50	10	6	1	15	1	1	2	4	100
Migliaia di 1989 tonnellate	1.852	11.112	1.514	930	184	2.370	140	126	359	596	19.183
%	9	58	8	5	1	12	1	1	2	3	100

Tab. 5.43 - Ripartizione ai transiti, attuale (1977) e prevista (1980, 1983, 1986 e 1989), del traffico di merci dalla Francia all'Italia
 Seconda ipotesi sub a. (creazione di una strada a scorrimento veloce)

	Venti- miglia	Modane	Domo- dossola	Men- tone	Mongi- nevro	Monte Bianco	Monce- nisio	Madda- lena	Col di Tenda	Fréjus	Totale
Migliaia di 1977 tonnellate %	1.344	4.899	1.476	787	137	2.379	140	92	260		11.514
	12	42	13	7	1	21	1	1	2		100
Migliaia di 1980 tonnellate %	1.458	4.638	1.405	792	147	2.230	132	99	282	2.510	13.693
	11	34	10	6	1	16	1	1	2	18	100
Migliaia di 1983 tonnellate %	1.589	6.897	1.363	814	159	2.143	126	108	307	2.412	15.918
	10	43	9	5	1	13	1	1	2	15	100
Migliaia di 1986 tonnellate %	1.809	7.895	1.563	930	180	2.453	145	123	350	2.762	18.210
	10	43	9	5	1	13	1	1	2	15	100
Migliaia di 1989 tonnellate %	1.790	9.935	1.350	866	177	2.104	124	122	347	2.369	19.184
	9	51	7	5	1	11	1	1	2	12	100

Tab. 5.44 — Ripartizione ai transiti, attuale (1977) e prevista (1980, 1983, 1986 e 1989), del traffico di persone, nei due sensi di marcia, tra Italia e Francia
 Prima ipotesi sub a. (sostanziale mantenimento dell'attuale sistema di comunicazioni stradali)

	Venti- miglia	Modane	Domo- dossola	Men- tone	Mongi- nevro	Monte Bianco	Monce- nisio	Madal- lena	Col di Tenda	Fréjus	Totale
Migliaia di 1977 unità %	2.615 11	1.471 6	516 2	9.881 43	1.129 5	4.180 18	558 2	418 2	2.464 11		23.232 100
Migliaia di 1980 unità %	2.637 10	1.434 6	505 2	9.850 39	1.118 4	4.167 17	556 2	417 2	2.462 10	1.910 8	25.056 100
Migliaia di 1983 unità %	2.839 11	1.551 6	546 2	10.624 39	1.206 4	4.493 16	600 2	450 2	2.654 10	2.062 8	27.025 100
Migliaia di 1986 unità %	3.056 10	1.677 6	589 2	11.459 39	1.301 4	4.846 17	647 2	485 2	2.862 10	2.226 8	29.148 100
Migliaia di 1989 unità %	3.290 10	1.813 6	636 2	12.360 39	1.404 4	5.226 17	698 2	523 2	3.085 10	2.403 8	31.438 100

Tab. 5.45 - Ripartizione ai transiti, attuale (1977) e prevista (1980, 1983, 1986 e 1989), del traffico di persone, nei due sensi di marcia, tra l'Italia e Francia
 Seconda ipotesi sub a. (creazione di una strada a scorrimento veloce)

	Venti- miglia	Modane	Domo- dossola	Men- tone	Mongi- nevro	Monte Bianco	Monce- nisio	Madda- lena	Col di Tenda	Fréjus	Totale
Migliaia di 1977 unità %	2.615 11	1.471 6	516 2	9.881 43	1.129 5	4.180 18	558 2	418 2	2.464 11		23.232 100
Migliaia di 1980 unità %	2.554 10	1.361 6	481 2	9.473 38	1.072 4	4.008 16	535 2	402 2	2.370 9	2.802 11	25.058 100
Migliaia di 1983 unità %	2.749 10	1.472 6	519 2	10.216 38	1.156 4	4.321 16	577 2	433 2	2.555 9	3.026 11	27.024 100
Migliaia di 1986 unità %	2.959 10	1.591 6	561 2	11.019 38	1.247 4	4.660 16	622 2	467 2	2.755 9	3.267 11	29.148 100
Migliaia di 1989 unità %	3.186 10	1.721 6	605 2	11.885 38	1.345 4	5.025 16	671 2	504 2	2.971 9	3.527 11	31.440 100

riore, cioè dagli studi per il piano territoriale per il comprensorio di Torino (15).

In secondo luogo, l'analisi dettagliata a livello di distribuzione e di ripartizione modale potrà essere condotta per un solo tipo di traffico, quello di persone che si spostano quotidianamente per lavoro o studio. Non potranno essere analizzati in dettaglio né il traffico non pendolare di persone né il traffico di merci, che interessa la valle (che non siano quelli internazionali, come è noto, già trattati in 5.1); la ragione di ciò è costituita dalla carenza di dati. Tali tipi di traffico non saranno, quindi, oggetto della presente trattazione. Saranno invece considerati, in termini di numero complessivo di veicoli, in 5.3; tale livello di trattazione (aggregato e per veicoli) è, infatti, l'unico possibile per tali tipi di traffico (16).

5.2.2. *L'area di studio*

L'area di studio, assunta per le previsioni di traffico pendolare, è costituita dalla valle di Susa, articolata in zone, e dal resto del mondo, anch'esso articolato in zone. Le zone, secondo cui è articolata la valle di Susa, sono state costruite in modo da risultare compatibili con le microzone adottate nei citati studi per il piano territoriale per il comprensorio di Torino (15); a questo scopo, le zone sono sottomultipli delle richiamate microzone.

In tabella 5.46, sono definite le zone, secondo cui è articolata la valle di Susa, e sono forniti gli elementi che permettono di riconoscere la corrispondenza tra dette zone e le microzone. In figura 5.18 sono rappresentate le zone ora introdotte.

Il resto delle origini e destinazioni italiane è stato considerato

15. Cfr.: Ires, *Linee di piano territoriale per il comprensorio di Torino*, op. cit.

16. Come si vedrà in 5.3, tale approccio equivale a considerare i due tipi di traffico incogniti come una sorta di "disturbo" al traffico pendolare di persone; il loro insieme viene calcolato per differenza, sottraendo al traffico giornaliero medio rilevato (ad una certa epoca di riferimento) le componenti note (traffico di merci e di persone internazionale, traffico pendolare per lavoro e per studio). Tale aliquota di traffico di "disturbo" viene poi estrapolata a livello aggregato, indipendentemente dalle origini e destinazioni (che sono ignote).

Tab. 5.46 – Articolazione in zone dell'area di studio

<i>Zona</i> <i>(contrassegno)</i>	<i>Microzona di</i> <i>appartenenza</i> <i>(contrassegno)</i>	<i>Elenco dei comuni</i> <i>appartenenti alla zona</i>
1	6	Cesana Torinese Claviere Sauze di Cesana Sestriere
2	6	Bardonecchia Exilles Oulx Salbertrand Sauze d'Oulx
3	7	Chiomonte Giaglione Gravere Meana di Susa Mompantero Moncenisio Noavales Susa Venaus
4	7	Borgone Bruzolo Bussoleno Chianocco Mattie San Didero San Giorio Sant'Antonino Vaie Villar Focchiardo
5	14	Rivoli Rosta Villarbasce
6	14	Alpignano Caselette Pianezza

Tab. 5.46 – *Segue*

<i>Zona (contrassegno)</i>	<i>Microzona di appartenenza (contrassegno)</i>	<i>Elenco dei comuni appartenenti alla zona</i>
7	14	Collegno Grugliasco
8	8	Almese Avigliana Buttiglieria Alta Caprie Chiusa San Michele Condove Reano Rubiana Sant'Ambrogio di Torino Villar Dora
9	19	Beinasco Orbassano Rivalta

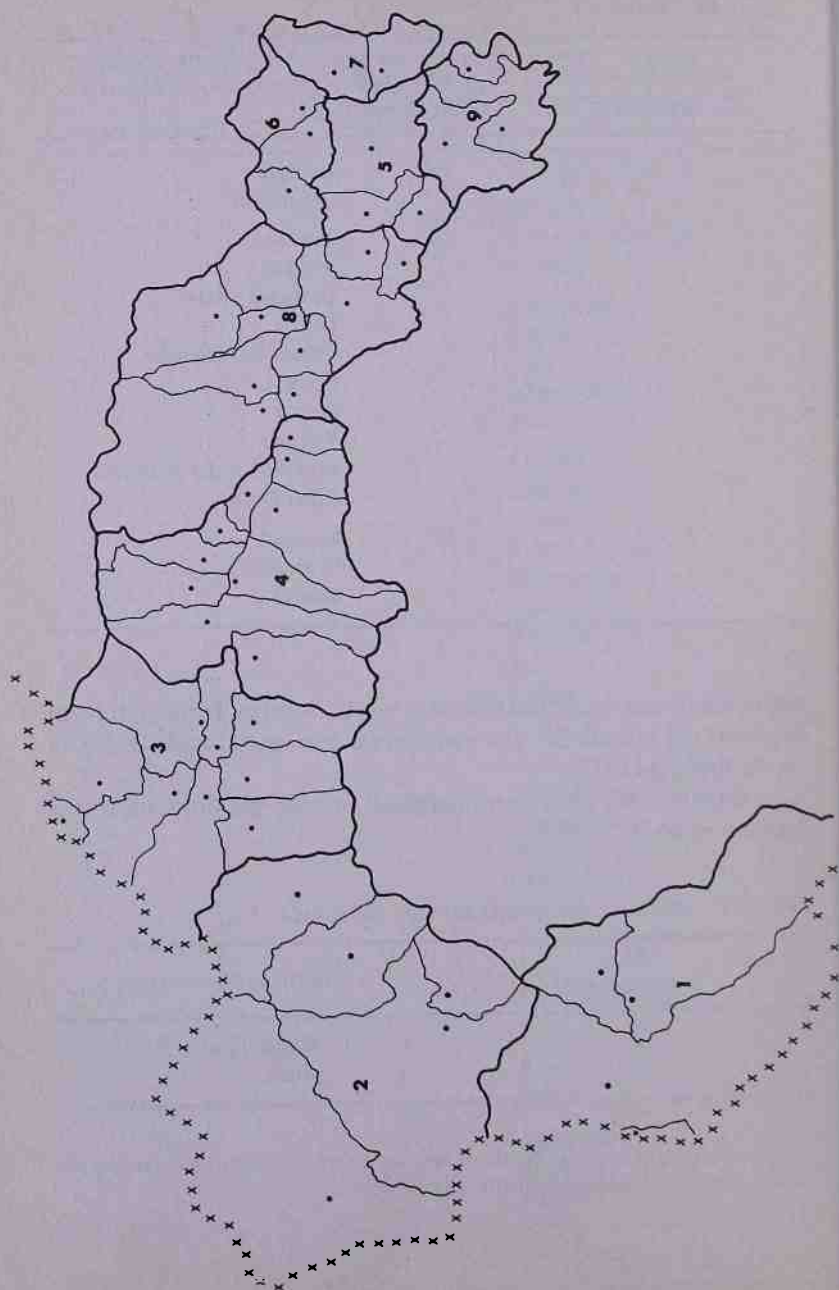
aggregato in una unica zona (avente per baricentro Torino); il resto del resto del mondo è stato considerato concentrato alla frontiera con la Francia (17).

In tabella 5.47, sono contrassegnate le zone secondo cui è articolato il resto del mondo.

Tab. 5.47 – *Articolazione in zone del resto del mondo*

<i>Zona (contrassegno)</i>	<i>Area di appartenenza</i>
10	Resto d'Italia
11	Altro

17. L'incidenza di tale zona è assai ridotta: movimenti pendolari con essa, che siano apprezzabili, si riconoscono solo per la zona 2.



5.2.3. *La fase di generazione*

5.2.3.1. *Le previsioni di assetto territoriale*

Come si è già annunciato in 5.2.1 per la generaione ed attrazione di traffico pendolari si sono assunte le previsioni elaborate dall'Ires in sede di studi per il piano territoriale per il comprensorio di Torino. Da dette previsioni si possono ricavare, per il periodo 1977-1986, i dati di popolazione occupata e di addetti, specificati per microzona e per settore di attività (agricoltura, industria, terziario). In particolare, i dati qui occorrenti sono quelli relativi al settore industriale ed al settore terziario, in quanto sono quelli che generano traffico pendolare; detti dati sono riportati nelle tabelle 5.48 e 5.49 per le microzone secondo cui, nei citati studi dell'Ires, è stata articolata la valle di Susa.

5.2.3.2. *La generazione ed attrazione di traffico pendolare per zona*

Per quanto riguarda gli spostamenti per lavoro, i dati riportati nelle tabelle 5.48 e 5.49 forniscono direttamente la generazione ed attrazione. Essi, però, devono essere disaggregati secondo l'adottata articolazione in zone dell'area di studio (cfr.: 5.2.2). Inoltre, poiché l'orizzonte temporale di questo lavoro contempla anche l'epoca 1989, i detti dati devono essere estrapolati per un ulteriore triennio. Eseguite tali operazioni, per gli spostamenti per lavoro, si dispone delle generazioni ed attrazioni totali, riportate nelle tabelle 5.50 e 5.51.

Per quanto riguarda gli spostamenti per studio, gli studi per il piano territoriale del comprensorio di Torino non forniscono indicazioni esplicite; vero è che in essi sono considerati gli spostamenti per servizi, ma questi coinvolgono tutta la popolazione aggregata, senza possibilità di estrarne gli studenti, e tutti i servizi aggregati, senza possibilità di estrarne le scuole. Si è preferito, pertanto, rifarsi direttamente ai dati del censimento Istat 1971; a partire da essi si possono calcolare, per ciascuna zona, il rapporto tra popolazione studentesca e popolazione occupata ed il rapporto tra posti

Tab. 5.48 – Popolazione occupata nei settori industriale e terziario

Microzona	1977	1980	1983	1986
		(unità)		
6	2.219	2.345	2.436	2.521
7	9.845	10.266	10.832	11.535
8	11.609	12.273	12.612	12.859
14	60.000	60.202	60.645	61.665
19	19.791	20.305	20.421	20.725

Tab. 5.49 – Addetti ai settori industriale e terziario

Microzona	1977	1980	1983	1986
		(unità)		
6	2.168	2.278	2.357	2.434
7	8.345	8.987	9.737	10.616
8	10.967	11.266	11.468	11.797
14	63.343	64.172	64.756	65.707
19	35.587	36.040	36.322	36.641

Tab. 5.50 – Flussi totali in partenza (popolazione occupata)

Zona	1977	1980	1983	1986	1989
		(unità)			
1	668	706	732	759	768
2	1.786	1.887	1.961	2.029	2.053
3	3.529	3.680	3.883	4.135	4.183
4	6.316	6.586	6.949	7.400	7.486
5	20.466	20.535	20.686	21.034	21.278
6	9.504	9.536	9.606	9.768	9.881
7	30.030	30.131	30.353	30.863	31.221
8	11.609	12.273	12.612	12.859	13.008
9	19.791	20.305	20.421	20.725	20.965
10	45.848	46.706	47.398	48.445	49.007
Totale	149.547	152.345	154.601	158.017	159.850

Tab. 5.51 – *Flussi totali in arrivo (addetti)*

<i>Zona</i>	<i>1977</i>	<i>1980</i>	<i>1983</i>	<i>1986</i>	<i>1989</i>
	<i>(unità)</i>				
1	652	685	709	732	756
2	1.745	1.834	1.897	1.959	2.023
3	2.992	3.222	3.491	3.806	4.149
4	5.353	5.765	6.246	6.810	7.424
5	21.606	21.889	22.088	22.413	22.743
6	10.034	10.165	10.257	10.408	10.561
7	31.703	32.118	32.411	32.886	33.368
8	10.967	11.266	11.468	11.797	12.135
9	35.587	36.040	36.322	36.641	36.962
10	28.573	29.021	29.367	30.211	29.384
11	335	340	344	354	344
Totale	149.547	152.345	154.601	158.017	159.850

alunno e posti di lavoro. Tali rapporti, assunti in prima approssimazione costanti, permettono di ottenere la generazione ed attrazione, per gli spostamenti per studio, per ciascuna scadenza di previsione. I risultati ottenuti sono riportati nelle tabelle 5.52 e 5.53.

Tab. 5.52 – *Flussi totali in partenza (studenti residenti)*

<i>Zona</i>	<i>1977</i>	<i>1980</i>	<i>1983</i>	<i>1986</i>	<i>1989</i>
	<i>(unità)</i>				
1	400	423	439	455	460
2	1.082	1.143	1.188	1.229	1.244
3	1.859	1.938	2.045	2.178	2.203
4	2.569	2.679	2.827	3.010	3.045
5	10.802	10.839	10.918	11.102	11.231
6	4.369	4.384	4.416	4.491	4.543
7	15.197	15.248	15.360	15.618	15.799
8	4.910	5.191	5.334	5.439	5.502
9	9.814	10.068	10.126	10.277	10.396
10	1.126	1.147	1.164	1.190	1.203
Totale	52.128	53.061	53.818	54.989	55.627

Tab. 5.53 – *Flussi totali in arrivo (studenti iscritti)*

<i>Zona</i>	<i>1977</i>	<i>1980</i>	<i>1983</i>	<i>1986</i>	<i>1989</i>
	<i>(unità)</i>				
1	98	103	106	109	112
2	1.312	1.374	1.417	1.458	1.499
3	2.043	2.193	2.368	2.573	2.792
4	2.590	2.781	3.002	3.262	3.540
5	12.434	12.557	12.629	12.771	12.900
6	4.207	4.248	4.272	4.320	4.364
7	9.900	9.998	10.055	10.168	10.270
8	3.489	3.573	3.625	3.716	3.805
9	7.126	7.194	7.226	7.265	7.295
10	8.929	9.040	9.117	9.347	9.050
Totale	52.128	53.061	53.818	54.989	55.627

5.2.4. *La fase di distribuzione*

5.2.4.1. *Introduzione*

Le caratteristiche generali della fase di distribuzione sono già state descritte in 5.1.4, cui si rinvia. Anche il metodo usato (metodo del fattore di accrescimento) è sostanzialmente identico a quello descritto in 5.1.4.2, cui si rinvia per la discussione teorica e per le derivazioni matematiche.

Nel seguito, ci si limiterà a richiamare brevemente i risultati finali di tali derivazioni.

5.2.4.2. Il modello

Il modello usato è fondato sul metodo del fattore di accrescimento, come detto, già descritto in 5.1.4.2. In sintesi, con riferimento alla [4] e [5] di detto punto 5.1.4.2, il metodo può essere riassunto come segue. Dati:

$P_i(t)$ = generazione totale della zona i all'epoca t ($i = 1, 2, \dots, 10$; $t = 1977, 1980, \dots, 1989$);

$Q_j(t)$ = attrazione totale della zona j all'epoca t ($j = 1, 2, \dots, 11$; $t = 1977, 1980, \dots, 1989$);

$\{f_{ij}\}$ = matrice degli spostamenti origine-destinazione, rilevata ad un'epoca di riferimento (ad esempio: al censimento 1971);

si determinano gli elementi della matrice origine-destinazione futura, $F_{ij}(t)$, mediante la formula:

$$F_{ij}(t) = P_i(t) (B_j f_{ij} / \sum_j B_j f_{ij}), \quad [20]$$

in cui i B_j sono tali che:

$$\sum_j F_{ij}(t) = Q_j(t). \quad [21]$$

L'algoritmo ed il programma di calcolo necessari per determinare la soluzione del sistema di equazioni [21] sono discussi in 5.1.4.2, cui si rinvia. Qui ci si limita a ricordare che si tratta di una procedura iterativa, in cui si tenta di soddisfare le [21] per approssimazioni successive; i passi di tale procedura sono riportati nel diagramma a blocchi della figura 5.7.

Tuttavia, rispetto al caso delle previsioni di traffico internazionale, qui si produce una lieve differenza. Per il traffico pendolare in valle di Susa, non è lecito supporre, come si era fatto in precedenza, che i termini f_{ij} siano anelastici rispetto agli interventi sulla rete: qualora venissero apportati cambiamenti non trascurabili al sistema delle comunicazioni stradali della valle, ogni zona subirebbe mutamenti di accessibilità rispetto alle altre zone tali da indurre mutamenti anche nella distribuzione.

Ne consegue che, in questo caso, occorre introdurre l'effetto delle politiche di intervento alternative fin dalla fase di distribuzione (18).

Per introdurre l'effetto di tali politiche, si può ragionare come segue.

Si immagini di analizzare i flussi in componenti modali, per cui si abbia:

$$f_{ij} = \sum_k f_{ij}^k,$$

in cui f_{ij}^k è il flusso origine-destinazione dato tra le zone i e j , che usa il mezzo di trasporto k (19).

Dopo un intervento sulla rete stradale, l'effetto principale è un mutamento della velocità dei mezzi di trasporto che fruiscono di detta rete (ad esempio, qualora si realizzasse una nuova strada a quattro corsie, la velocità media cui potrebbero viaggiare i mezzi di trasporto privati risulterebbe aumentata). Com'è consuetudine, in via di prima approssimazione si assume che il traffico varii in ragione inversa del tempo di viaggio, il che significa in ragione diretta della velocità; ne consegue che l'incremento subito dagli f_{ij}^k , a causa dell'intervento sul mezzo k , è pari all'incremento di velocità di detto mezzo k . Se si indica con:

v_0 la velocità media su strada prima dell'intervento,

v_1 la velocità media su strada dopo l'intervento;

si ha che, dopo l'intervento, i nuovi valori di f_{ij} , indicati con g_{ij} , sono dati da:

18. Restano, invece, immutate le generazioni ed attrazioni di traffico, in quanto si suppone siano determinate non tanto da un piano di trasporti quanto piuttosto da un piano territoriale (nel caso in oggetto: dal piano territoriale del comprensorio di Torino; per cui si conserva il legame con gli studi per la formazione di tale piano).

19. I mezzi di trasporto considerati, ed usati anche nella fase di ripartizione modale (cfr.: 5.2.5) sono i seguenti:

- | | |
|---|---|
| k | mezzo |
| 1 | piedi |
| 2 | ferrovia |
| 3 | tranvia od autolinea |
| 4 | autovettura od altro mezzo privato su strada. |

$$g_{ij} = \sum_{k=1}^3 f_{ij}^k + f_{ij}^4 \frac{v_1}{v_0} . \quad [22]$$

In conclusione, la fase di distribuzione (ma ciò vale, anche, per tutte le fasi ad essa successive) dovrà essere ripetuta due volte, una volta usando come input gli f_{ij} originali, l'altra usando come input i g_{ij} dati dalla [22].

5.2.4.3. I dati di entrata

Come si è visto in 5.2.4.2, gli input necessari al modello di distribuzione sono:

- a. le generazioni ed attrazioni totali, specificate per zona e scopo dello spostamento, alle scadenze di previsione;
- b. le matrici origine-destinazione, specificate per mezzo di viaggio e scopo dello spostamento, rilevati ad una epoca di riferimento (nel caso in oggetto, all'epoca del censimento Istat 1971);
- c. le velocità su strada, prima e dopo l'intervento.

Per quanto riguarda le generazioni ed attrazioni, esse sono riportate nelle tabelle 5.50, 5.51, 5.52 e 5.53.

Per quanto riguarda le matrici origine-destinazione, qui ci si limita a riportare quelle totali, rimandando alla ripartizione modale, in particolare al punto 5.2.5.3, per la disaggregazione secondo il mezzo di trasporto. Le matrici origine-destinazione all'epoca 1971, relative agli spostamenti casa-lavoro e casa-scuola sono riportate nelle tabelle 5.54 e 5.55.

Per quanto riguarda le velocità su strada, si possono assumere le velocità di riferimento relative, rispettivamente, alle strade principali (per la situazione attuale) ed alle strade di scorrimento veloce (per la situazione futura). Tenendo conto della prevalente collinarietà dei percorsi in oggetto, le velocità standard normalmente considerate per tali due tipi di viabilità sono le seguenti:

$v_0 = 60$ km/h (strada principale);

$v_A = 100$ km/h (strada di scorrimento veloce).

Tab. 5.54 - Spostamenti casa-lavoro, all'epoca 1971*

Zona	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Totale
	(unità)											
1	314	5			10					53		382
2	16	1.155	34	13				17		165	168	1.568
3	10	55	2.128	363	44	5	72	219	6	478	11	3.391
4		5	184	3.364	70	30	148	1.304	40	1.047	10	6.202
5			35	15	8.166	349	1.853	248	981	3.019		14.666
6			26		260	4.500	491	77	90	1.834		7.278
7				10	975	235	12.391	91	887	5.730	5	20.324
8		5	10	343	257	264	280	6.259	91	1.388		8.897
9		5	10	5	135	15	323	25	9.129	3.265	5	12.917
10	87	109	544	350	2.659	1.214	11.130	1.761	15.582			33.436
Totale	427	1.339	2.971	4.463	12.576	6.612	26.688	10.001	26.806	16.979	199	109.061

*Fonte: censimento Istat 1971.

Sono esclusi gli spostamenti con mezzo di trasporto non specificato.

Tab. 5.55 - Spostamenti casa-scuola, all'epoca 1971*

Zona	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Totale
						(unità)						
1	55	116								58		229
2	864	7						4		75		950
3	12	1.580	58					26		110		1.786
4	94	2.048			5			55		316		2.518
5					6.658			70	15	933		7.741
6			74		19	2.647		10		591		3.346
7					294		8.158			1.833		10.285
8		5	103	57	91			2.965	5	532		3.763
9					93		26		5.373	913		6.405
10	10	20	192	19	153	154	157	85	31			821
Totale	65	1.017	2.050	2.182	7.313	2.801	8.416	3.215	5.424	5.361		37.844

*Fonte: censimento Istat 1971.

Sono esclusi gli spostamenti con mezzo di trasporto non specificato.

Prima dell'intervento, si avrà la velocità $v_0 = 60$ km/h. Dopo un intervento, che sia tale da permettere di disporre di una strada di scorrimento veloce, si avrà la velocità su strada:

$$v_1 = 80 \text{ km/h.}$$

5.2.4.4. *I risultati*

Si fanno seguire le matrici origine-destinazione previste, relativamente agli spostamenti per lavoro e per studio, nelle due ipotesi:

- a. con il sistema di comunicazioni stradali attuali;
- b. con il sistema di comunicazioni stradali dopo l'intervento (che, come si è visto, non è trascurabile).

5.2.5. *La fase di ripartizione modale*

5.2.5.1. *Introduzione*

La ripartizione modale del traffico pendolare è stata ottenuta con una tecnica alquanto diversa da quella usata per il traffico internazionale, e, in un certo senso, più semplice. Ciò è dovuto alla assai maggiore disponibilità di dati, la quale rende non necessari procedimenti di stima relativamente complicati, del tipo del modello Logit usato per il traffico internazionale. Nel seguito, si procederà all'esposizione del modello, della sua applicazione e dei risultati ottenuti.

5.2.5.2. *Il modello*

Poiché si dispone, con riferimento all'epoca del censimento 1971, della ripartizione modale relativa agli spostamenti pendolari, si può usare per le previsioni il seguente semplice schema.

Indicati con:

f_{ij}^k gli spostamenti, all'epoca 1971, da i a j che usano il mezzo di trasporto k ;

Tab. 3.56 - Spostamenti pendolari annuali (unità)

Epoca 1977, per lavoro

Zona	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Totale
1	512	15			24					117		668
2	10	1333		11	64			10	6	145	256	1786
3	10	95	21	448	89	7	61	188		6	25	3531
4		8	1999	3664		36	110	988	33	1215	20	6316
5			153	20	12722	513	1690	230	977	4279		20466
6			35		375	6132	415	66	83	2409		9504
7			24		2047	466	15232	114	1191	10946	17	30031
8		12	13	565	496	481	316	7177	112	2477		11609
9		13	14	9	291	30	407	32	12578	6339	17	19790
10	120	270	732	618	5498	2369	13472	2163	20606			45848
Totale	652	1746	2091	5353	21606	10034	31703	10968	35586	28575	335	149549

Epoca 1977, per studio

Zona	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Totale
1	86	234								81		401
2		1014	5					2		61		1082
3		19	3586	111				19		124		1860
4			55	2276			2	24		207		2570
5					6		26	35	6	719		10802
6					10015		2	5		428		4370
7			48		1301	3060	9740			1156		15197
8		12	158	167	306		5	3342	5	916		4911
9					445		34		7097	2238		9814
10	12	32	192	36	334	347	92	62	19			1126
Totale	98	1311	2044	2590	12434	4207	9901	3489	7127	8931		52132

$F_{ij}(t)$ gli spostamenti previsti, all'epoca t , da i a j ;

$R_{ij}^k(t)$ gli spostamenti previsti, all'epoca t , da i a j , che usano il mezzo di trasporto k ;

una stima della ripartizione modale futura può essere ottenuta assumendo che essa sia proporzionale a quella rilevata al 1971.

Nell'indicata ipotesi, si avrà:

$$R_{ij}^k(t) = F_{ij}(t) (f_{ij}^k / \sum_k f_{ij}^k). \quad [23]$$

La [23] vale in assenza di interventi.

Nell'ipotesi di interventi che modifichino la velocità media su strada, la [23] sarà modificata come segue:

$$R_{ij}^k(t) = F_{ij}(t) \frac{f_{ij}^k}{\sum_{k=1}^3 f_{ij}^k + f_{ij}^4 \frac{v_1}{v_0}} \quad \text{per } k \neq 4, \quad [24]$$

$$R_{ij}^4(t) = F_{ij}(t) \frac{f_{ij}^4 \frac{v_1}{v_0}}{\sum_{k=1}^3 f_{ij}^k + f_{ij}^4 \frac{v_1}{v_0}}. \quad [25]$$

Le ipotesi alla base di questo schema di calcolo sono analoghe a quelle discusse, in 5.1.4.2, a proposito del metodo del fattore di accrescimento. Anche in questo caso, i fattori rilevati f_{ij}^k sostituiscono il classico fattore di impedenza, dipendente dalla distanza. E, anche in questo caso, si può osservare che gli f_{ij}^k , in quanto valori sperimentali, rispecchiano meglio di una funzione teorica il comportamento degli utenti nella scelta dei mezzi di trasporto; è noto, infatti, che i criteri di valutazione alla base della scelta del mezzo di trasporto da usare non sono completamente riconducibili alla lunghezza del percorso, ma si fondano su molti altri fattori, difficilmente stimabili in modo diretto.

5.2.5.3. *I dati di entrata*

Gli input, necessari per il calcolo della ripartizione modale mediante le [23], [24] e [25], sono i seguenti:

- a. le matrici origine-destinazione, alle scadenze di previsione;
- b. gli spostamenti origine-destinazione, disaggregati per mezzo di trasporto usato, rilevati ad una epoca di riferimento (nel caso in oggetto, all'epoca del censimento Istat 1971);
- c. l'incremento di velocità su strada dovuto ad interventi.

Per quanto riguarda le matrici origine-destinazione, esse costituiscono il risultato della fase di distribuzione e sono state riportate nelle tabelle 5.57 e 5.58.

Per quanto riguarda gli spostamenti origine-destinazione, disaggregati per mezzo di trasporto usato (gli f_{ij}^k) rilevati in sede di censimento Istat 1971, essi sono riportati nelle tabelle 5.59 e 5.60.

Per quanto riguarda l'incremento della velocità su strada dovuto ad interventi, esso è già stato calcolato come input per la distribuzione (cfr.: 5.2.4.3); esso è pari a: $v_1/v_0 = 1,333$.

5.2.5.4. *I risultati*

Si riportano nelle tabelle 5.61, 5.62 e 5.63, le matrici origine-destinazione previste, relativamente agli spostamenti per lavoro e per studio, distinte per:

- a. politica di intervento (nelle due ipotesi: con il sistema di comunicazioni stradali attuale; con il sistema di comunicazioni stradali dopo l'intervento);
- b. mezzo di trasporto usato, articolato come segue:

k mezzo di trasporto

- 1 piedi;
- 2 ferrovia;
- 3 tranvia od autolinea;
- 4 autovettura od altro mezzo privato su strada.

Tab. 5.57 — Spostamenti pendolari previsti, con il sistema di comunicazioni stradali attuale (unità)

Epoca 1980, per lavoro										
Zona	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Totale
1	541	15	24	12	26		61	10		706
2	11	1414						183		1887
3	10	95	2135	472	63	7	112	976	5	3680
4		8	165	3920	90	37	1693	225	33	6587
5			38	21	12791	516	416	65	967	20535
6			26		377	6159		111	82	9536
7				19	2062	469	15292	7500	1180	30129
8		12	14	640	532	515	338	3	118	12271
9		13	16	10	302	32	422	2164	12846	20306
10	123	277	803	670	5645	2431	13785		70809	46707
Totale	605	1834	3221	5764	21888	10166	32119	11266	36040	152344

Epoca 1980, per studio										
Zona	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Totale
1	91	245								403
2		1069	6					2		1143
3		17	1671	120				17		1939
4			57	2409	6		2	20		2680
5					10065		27	33	6	10839
6			52		26	3893	2	4		4384
7		13			1311		9835	3439		15248
8			195	211	336		5		5	5191
9					483		37		7167	10069
10	12	30	212	41	330	356	91	57	17	1146
Totale	103	1374	2193	2781	12557	4219	9999	3572	7195	53062

Epoca 1983, per lavoro

Zona	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Totale
1	562	16			27					118		713
2	11	1471		13				10		160	218	1960
3	10	95	2303	506	63	7	61	183	5	627	24	3814
4		8	180	4242	91	37	113	983	33	1212	20	6919
5			41	23	12877	519	1703	226	970	4327		20616
6			28		380	6198	418	65	82	2415		9616
7				21	2076	472	15380	112	1184	11032	16	30313
8		13	16	702	545	528	346	7666	121	2615		12612
9		13	17	11	304	32	424	33	12889	6612	17	20422
10	126	281	878	728	5725	2465	13967	2190	21037			47337
Totale	709	1897	3490	6246	22088	10258	32412	11468	36321	29318	345	154602

Epoca 1983, per studio

Zona	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Totale
1	95	252								92		439
2		1107						2		71		1188
3		16	1777	131				16		106		2046
4			59	2573	5		1	18		169		2815
5					10135		27	34	6	7317		10919
6					26	3919		4		406		4416
7			59		1317		2			4149		15360
8		13	227	251	339		9894	3494	5	1001		5355
9		29	239	47	485		37	57	7199	2405		10126
10	11				322	353	89		17			1164
Totale	106	1417	2369	3002	12639	4272	10055	3625	7227	9116		53818

Tab. 5.57 - *Segue*

Epoca 1986, per lavoro

Zona	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Totale
1	581	17	30	15	27	7	60	11		134		759
2	12	1520	2454	549	63	37	113	187	5	165	276	2029
3	10	96	196	4620	92	527	1723	1013	33	638	24	4133
4		8	45	25	13043	6276	422	235	972	1269	20	7401
5			31		384	478	15528	67	82	4464		21034
6					2099	526	344	116	1185	2506	16	9768
7		13	17	23	542	32	430	7831	119	11418		30863
8		14	19	12	309	2526	14267	34	18950	2709	17	12859
9		292	974	808	5855	10409	32887	2301	21294	6908		20725
10	130											48447
Totale	733	1960	3806	6810	22414	10409	32887	11795	36640	30211	353	158018

Epoca 1986, per studio

Zona	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Totale
1	98	260								97		455
2	1143	14	9					3		74		1229
3			1905	145				15		98		2177
4			62	2772	5			18		153		3011
5					10286			37	6	746		11102
6			70		26	3973	2	5		415		4491
7					1327		10008			4283		15618
8		12	254	290	321		5	3579	4	972		5437
9					494		37	69	7238	2507		10276
10	11	28	273	56	312	347	87		16			1189
Totale	109	1457	2573	3263	12771	4320	10167	3716	7264	9345		54985

Epoca 1989, per lavoro

Zona	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Totale
1	598	17										768
2	12	1560		17						126		151
3	9	93	33	580					5	551	269	2053
4			2628	4929			54	177	29	1106	22	4182
5			208			34	102	968			18	7485
6			54	30		537	11754	252	986	4368		21278
7			37			6408	430	72	81	2457		9880
8				27		491	11932	126	1211	11261	17	31221
9		13	20	872		515	336	8061	116	2545		13008
10	137	15	22	14		33	441	37	13247	6819	18	20963
Totale	756	315	1146	954		2537	14317	2432	21284	28384	344	49005
		2021	4148	7123		10561	33366	12136	36962			159843

Epoca 1989, per studio

Zona	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Totale
1	101	277								83		461
2		1169	12					3		61		1245
3		12	1949	165				13		64		2203
4			57	2880			1	13		91		3045
5							27	45	6	727		11231
6						4041	2	5		372		4542
7							10126			4291		15799
8		13	326	416			4		4	799		5503
9							39		7273	2560		10396
10	11	29	350	80		323	72	60	13			1204
Totale	112	1500	2792	3541		4364	10271	3805	7296	9048		55629

Tab. 5.58 — Spostamenti pendolari previsti, con il sistema di comunicazioni stradali dopo l'intervento (unità)

Epoca 1980, per lavoro

Zona	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Totale
1	530	18			31					127		706
2	14	1415	25	14				10		151	259	1888
3	11	108	2166	481	73	6	62	166	5	151	25	3681
4		10	183	3962	96	38	119	981	40	1135	21	6585
5				23	12402	570	1795	231	1048	4433		20536
6			34		427	6032	452	71	101	2429		9536
7			24			518	14841	101	1249	11041	15	30131
8		15	15	20	2346	541	370	7484	131	2518		12274
9		15	17	10	583	35	465	33	12775	6609	21	20305
10	131	254	759	638	325	2425	14013	2190	20689			46705
Totale	686	1835	3223	5765	21889	10165	32117	11267	36078	29021	341	152347

Epoca 1980, per studio

Zona	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Totale
1	91	241								91		423
2		1073	6					2		62		1143
3		17	1673	117				16		114		1937
4			57	2413			2	20		182		2680
5					6		28	33	6	788		10839
6					10344	3891	2	4		432		4383
7			51		33		9870			4127		15248
8		13	198	211	1291		5	3439	5	974		5191
9		30	208	39	346		39	58	7165	2339		10069
10	12				506		92		19			1147
Totale	103	1374	2193	2780	12559	4248	9998	3572	7195	9039		53061

Epoca 1983, per lavoro

Zona	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Totale
1	590	19			32					132		733
2	14	1473	28	15				10		157	205	1962
3	11	108	2335	515	73		61	165	5	579	24	3882
4			200	4286	97	39	120	988	40	1149	20	6949
5			37	25	12484	573	1805	232	1052	4478		20886
6			26		1130	6069	455	71	102	2453		9606
7						521	14925	101	1254	11155	15	30354
8		15	16	678	593	554	379	751	134	2588		12613
9		15	18	11	327	35	468	33	12817	6676	20	20420
10	134	258	832	694	5686	2459	14199	2217	20918			47397
Totale	709	1898	3492	6246	22088	10296	32412	11468	36322	29367	344	154602

Epoca 1983, per studio

Zona	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Totale
1	95	248								96		439
2		1112	7					2		66		1187
3		16	1780	128				15		106		2045
4			59	2578	5		1	18		165		2826
5					10113		28	34	6	737		10918
6					33	3918	2	4		401		4416
7			58				9890			4173		15360
8		13	229	251	1297		5	3494	5	988		5333
9					348		39		7197	2383		10126
10	11	28	234	45	507	354	90	57	18			1162
Totale	106	1417	2367	3002	12628	4272	10055	3624	7226	9115		53812

Tab. 3.58 - Segue

Epoca 1986, per lavoro

Zona	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Totale
1	569	19			33			10		138		759
2	14	1522	31	17			61	169	5	163	273	2030
3	11	109	2529	559	73		120	1016	40	588	24	4134
4		10	217	4667	97	6	1825	241	1054	1173	21	7400
5			40	27	12645	582	459	74	102	4618		21032
6			28		435	6146	528	105	1254	2525		9769
7				24	2387	552	376	7817	132	11483	15	30863
8		15	18	733	595	36	474	34	12878	2622		12860
9		15	20	12	332	2520	14503	2329	21175	6902	21	20724
10	138	268	923	772	5817							48445
Totale	732	1958	3806	6811	22414	10409	32885	11795	36640	30212	354	158016

Epoca 1986, per studio

Zona	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Totale
1	98	256								101		455
2		1148						2		70		3229
3		14	9	142				15		99		2178
4			1908	2776				17		149		3010
5			62		5		1		6			11102
6					10264	3972	29	37		766		4491
7			69		33		2	4		411		15617
8		12			1307		10003			4307		5438
9			257	291	330		5	3580	4	959		10278
10	11	27	269	53	517		40	60	18	2484		1189
Totale	109	1457	2574	3262	12771	4320	10168	3715	7265	9346		54987

Epoca 1989, per lavoro

Zona	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Totale
1	586	21			32					130		769
2	14	1562	34	19	65		55	10	5	148	265	2052
3	10	106	2662	589	88	35	108	159	36	504	22	4183
4			231	4977			1860	966		1016	19	7486
5			48	33	12895	593	468	259	1070	4520		21278
6			34		444	6277	468	80	103	2475		9881
7				29	2453	542	15465	114	1282	11321	16	31222
8		16	20	847	582	540	368	8047	128	2461		13009
9		17	24	15	341	37	487	37	13174	6810	32	20964
10	145	292	1094	916	5844	2532	14557	2463	21155			49008
Totale	755	2024	4147	7435	22744	10562	33368	12135	36963	29385	344	159852

Epoca 1989, per studio

Zona	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Totale
1	101	273								86		460
2		1173	12					3		57		1245
3		12	1952	162				12		65		2203
4			57	2883			1	13		89		3046
5					10405		28	45	6			11231
6			97		30	4040	2	5		747		4543
7					1352		10121			369		15799
8		13	330	418	292		4	3666		4316		5503
9		28	345	77	518		41		4	786		10395
10	11	1499	2793	3540	259	324	73	62	7271	2535		1203
Totale	112	1499	2793	3540	12899	4364	10270	3806	7295	9050		55628

Mezzo 5: tranvia od autolinea

Zona	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1											
2		38	7					7		6	
3			17	33				187			
4			10	400				791			
5			30		1600	5	852	60	479		
6					44	50			5		
7						642	1077		401		
8				159	96	60	66	41	20		5
9			209	74	26		56	649	1903		
10	20	34			1135	398	4552	229	9433		

Mezzo 4: autovettura od altro mezzo privato su strada

Zona	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	82										
2	16	5	16	13	10			5		47	
3	5	402	739	185	28			11		102	
4		38	106	1348	20	10		403		144	
5		5	5	15	2454	299	35	178	25	242	
6			5		211	1714	991	72	502	2944	
7				10	970	230	289	35	85	1518	
8		5	5	148	151	137	421	2966	476	5650	
9		5	10	5	109	15	142	20	40	792	
10	67	40	285	247	1459	796	267	1496	5185	3235	5
							6220		5916		

Tab. 5.60 — Spostamenti pendolari per studio, all'epoca 1971 (unità)

Mezzo 1: a piedi

Zona	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	50										
2		575									
3			1330								
4				1603							
5					5472						
6						2206					
7							6913				
8								2339			
9									4709		
10											

Mezzo 2: ferrovia

Zona	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1											
2		21						4		48	
3		12	16	58				21		82	
4			94	50			5	75		281	
5					15			5		25	
6								10		173	
7							25			15	
8		5	103	57			5	15		261	
9									20	5	
10		5	25	9	20	5		16			

Mezzo 3: tranvia ed autolinea

Zona	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	5	116								36	
2		204	7							22	
3		186						5		5	
4				330	5		55	20		10	
5					943			65	15	748	
6			74			331				308	
7					284		1013			1552	
8					76			479	5	226	
9		15	157	10	72	133	21		1132	817	
10	10				93		127	49	16		

Mezzo 4: autovettura od altro mezzo privato su strada

Zona	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1											
2		64								22	
3										5	
4			48							23	
5				65						25	
6					228					160	
7					19	110	10			110	
8					10		207			266	
9					15			132		45	
10			10		21		5		112	91	
					40	16	30	20	15		

Epoca 1977, per lavoro, con mezzo 3

Area	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1											
2		44	4					4		13	
3			16	41				160			
4			8	436				599	6		
5			30		2493	6		56			
6					64	74	777		477		
7						875	123		5		
8				262	185	109	1324	51	539		17
9					56		71	744	25		
10	28	84	281	131	2347	777	5510	6	2622		
								281	12475		

Epoca 1977, per lavoro, con mezzo 4

Area	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	134	15			24					104	
2	10	464	10	11						89	
3	5	66	694	228	40					189	
4		8	18	1468	26					281	
5			5	20	3823	12				4172	
6			5		305	440			20	1994	
7				18	2037	2330	244		500	10793	
8					291	456	5176		78		
9		12	6	244	235	250	160		639	1391	
10	95	13	14	9	3017	30	337		49	6340	17
		99	384	436		1553	7529		4388		
								1838	7824		

Tab. 5.61 – Segue

Epoca 1977, per studio, con mezzo l

[illegible]

Epoca 1977, per studio, con mezzo 2

Epoca 1977, per studio, con mezzo 2										
2.0m2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	11
1								2		39
2		25						15		92
3		19		111			2	15		184
4			55	56				3		19
5					23			5		125
6							30			34
7							5			449
8		12	158	167				17	26	12
9					44	11				
10		8	25	17				12		

Epoca 1977, per studio, con mezzo 3

Zona	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	8	234									
2		239								50	
3			5							18	
4			187							6	
5				367	6					7	
6					1419						
7			48			483	22	33	6		
8											
9					1257		1209				
10	12	24	157	19	255			540	5		
					305		27		1495		
					203		75	36	10		

Epoca 1977, per studio, con mezzo 4

Zona	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1											
2		75								31	
3			48							4	
4				72						26	
5					343					16	
6					27	160	4			123	
7					44		2			80	
8					50		247			603	
9					100			149		77	
10			10		87	36	6		148	223	
							18	15	9		

Epoca 1980, per lavoro, con mezzo 5

[illegible]

Epoca 1980, per lavoro, con mezzo 4

[illegible]

Tab. 5.62 - *Segue*

Epoca 1980, per studio, con mezzo 1

Zona	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	83										
2		711									
3			1405								
4				1885							
5					8272						
6						3244					
7							8334				
8								2713			
9									5481		
10											

Epoca 1980, per studio, con mezzo 2

Zona	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1											
2		26						2		42	
3		17	17	120				14		85	
4			57	59			2	13		166	
5					23			2		19	
6								4		119	
7							30			34	
8		13	195	211			5			484	
9								17	27		
10		8	28	19	43	12		11		13	

Epoca 1980, per studio, con mezzo 3

Zona	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	8	245								54	
2		252								19	
3			6							5	
4			197							6	
5				388	6			3			
6					1426			7			
7			52			487	22	31	6		
8					1266		1221			568	
9					281					212	
10	12	23	174	22	374		30	556	5	3473	
					200	307	74		1510	419	
								33	9	2132	

Epoca 1980, per studio, con mezzo 4

Zona	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1											
2		79								33	
3			51							4	
4				76						24	
5					345		4			15	
6					26		2			121	
7					45	162	250			76	
8					55					595	
9					109		7	153		83	
10			11		86	37	17	14	149	237	

Tab. 5.62 - *Segue*

Epoca 1983, per lavoro, con mezzo 1.

Zona	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	406										
2		884									
3			1444								
4				1898							
5					6443						
6						2895					
7							8753				
8								3151			
9									5647		
10											

Epoca 1983, per lavoro, con mezzo 2.

Zona	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	9									61	268
2		27	9					3		438	24
3	5	29	41	202	23	7	51	18		955	20
4			67	140	65	18	86	83	12	107	
5					41		9	9			
6			23		7	58	49	4		419	
7					31	10	63	18	13	155	
8			8	74	21	134	89	87	41	1149	
9									58	61	
10		90	81	60	140	41	449	45	315		

Tab. 5.62 - *Sigue*

Epoca 1983, per studio, con mezzo 1

Zona	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	86										
2		737									
3			1496								
4				2014							
5					8329						
6						3266					
7							8384				
8								2756			
9									5505		
10											

Epoca 1983, per studio, con mezzo 2

Zona	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1											
2		27						2		45	
3		16	18	131				13		79	
4			59	63			1	12		151	
5					23			2		19	
6								4		119	
7		13	227				30			34	
8				251			5			491	
9		7	31	22	42			18	27		13
10						11					

Epoca 1983, per studio, con mezzo 3

Zona	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	9	252								57	
2		261	8							21	
3			209					3		5	
4				415	5			7		5	
5					1435			31	6		
6			59			490	23			575	
7							1229			211	
8					1272					3513	
9					283					425	
10	11	22	195	25	375		30	564	5		
					196	305	72		1517	2152	
								33	9		

Epoca 1983, per studio, con mezzo 4

Zona	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1										35	
2		82								5	
3			54							22	
4				82						13	
5										123	
6						163	4			76	
7					347		2			602	
8					26		251			85	
9					45			156			
10			12		56		7		150	240	
					110		17	13	8		
					84	37					

Tab. 5.62 - Segue

Epoca 1986, per lavoro, con mezzo 1

Zona	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1		420									
2			913								
3				1564							
4					2067						
5						6526					
6							2931				
7								8837			
8									3219		
9										5674	
10											

Epoca 1986, per lavoro, con mezzo 2

Zona	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	9									63	276
2		28	10							446	24
3	5	30	45	219	23	7	51	18		976	20
4			72	152	65	19	86	85	12	111	
5					42		9	9		432	
6			25		7	59	49	4		159	
7					11	10	64	19	13	1163	
8			9	80	21	133	88	89	41	65	
9									158		
10		94	89	67	143	42	459	47	318		

Epoca 1986, per lavoro, con mezzo 3

Zona	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1											
2		50	6					4			15
3			20	50				160		5	
4			11	549				615			
5			39		256		792	57	475		
6				65		75	125		5		
7						895	1350	52	536		
8				352	202	120	81	812	26		16
9					59		75	7	2700		
10	30	91	374	171	2499	828	5835	299	12891		

Epoca 1986, per lavoro, con mezzo 4

Zona	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	152	17			27					119	
2	12	529	14	15				3		102	
3	5	67	866	280	40			9		192	
4		8	113	1851	26	12	9	313	20	293	
5			6	25	3920	451	27	169	498	4533	
6			6		311	2390	921	63	78	2074	
7				23	2088	458	248	45	536	11259	
8		13	9	327	318	273	5277	3711	52	1546	
9		14	19	12	249	32	174	27	4518	6845	17
10	100	107	510	570	3213	1656	355	1955	8085		
							7973				

Tab. 5.62 - *Segue*

Epoca 1986, per studio, con mezzo 1

Zona	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	89										
2		761									
3			1604								
4				2169							
5					8454						
6						3311					
7							8481				
8								2824			
9									5535		
10											

Epoca 1986, per studio, con mezzo 2

Zona	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1											
2		28								47	
3		14	19	145				3		73	
4			62	68			1	12		136	
5					23			11		20	
6								3		122	
7							31	5		35	
8		12	254	290			5	18		477	
9		7	36	26	41	11			27	14	
10								11			

Epoca 1986, per studio, con mezzo 3.

Zona	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	9	260								60	
2		270								22	
3			9							4	
4			224							5	
5				447	5						
6					1457					3	
7							23		6		
8			70			497					
9					1282		1243				
10	11	21	223	29	268			578	4		
					382		30		1525		
					190	300	70	34		2244	

Epoca 1986, per studio, con mezzo 4

Zona	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1											
2		85								37	
3			58							5	
4										21	
5				88						12	
6					352					128	
7					26	165	4			77	
8					45		2			622	
9					53		254			82	
10			14		111		7		151	250	
					82	36	17		8		
								159			
								14			

Tab. 5.62 – Segue

Epoca 1989, per lavoro, con mezzo l

[illegible]

Epoca, 1989, per lavoro, con mezzo 2

Epoca, 1989, per lavoro, con mezzo 2										
Zona	1	2	3	4	5	6	7	8	9	11
1	10									
2		28	11					3		269
3		29	47			6	46	17		58
4	5		77	232	21	17	78	82	11	385
5				163	59		9	10		851
6					42					109
7			30		8	60	50	5		423
8					11	10	66	21	14	157
9				92	21	131	86	91	39	1093
0									59	63
0		101	105	79	144	42	461	50	318	

Epoca 1989, per lavoro, con mezzo 3

Zona	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1											
2		51	7					5		14	
3			21	53				151	5		
4			11	586				587			
5			47		2605	6		61	481		
6					66	77	807				
7						914	127		5		
8				404	198	117	1385	57	547		17
9				202	61		79	836	25		
10	32	98	440		2511	832	77	7	2761		
							5856	316	12885		

Epoca 1989, per lavoro, con mezzo 4

Zona	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	156	17			27					112	
2	12	543	16	17				3		94	
3	5	64	913	296	36			9		166	
4		8	120	1975	24				18	256	
5			8	30	3996	11			505	4260	
6			7		318	160			79	2034	
7					2145	2441	938	181	650	11103	
8		13	10	376	312	480	5414	68	51	1452	
9		15	22	14	256	267	170	3820	4622	6757	18
10	106	116	603	673	3228	33	365	29	8081		
						1664	8001	2066			

Tab. 5.62 - *Segue*

Epoca 1989, per studio, con mezzo 1

Zona	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	92										
2		778									
3			1641								
4				2254							
5					8569						
6						3368					
7							8580				
8								2892			
9									5562		
10											

Epoca 1989, per studio, con mezzo 2

Zona	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1											
2		28									
3			20	165				3		39	
4			57	70			1	10		48	
5					23			8		81	
6								3		19	
7							31	5		100	
8		13	326	416			4	19		35	
9									27	392	
10		7	46	38	35	10		11		14	

Epoca 1989, per studio, con mezzo 3

Zona	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	9	277								51	
2		276	12							18	
3			229							3	
4				464						3	
5					3					3	
6					1477						
7			98						6		
8					1335	505	23			583	
9					229		1257			194	
10	11	22	286	42	406			592	4	3633	
					162	279	58	35	1532	339	
									7	2291	

Epoca 1989, per studio, con mezzo 4

Zona	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1										31	
2		87								4	
3			59							13	
4				91						7	
5					357		4			125	
6					24	168	2			69	
7					47		257			623	
8					45			163		68	
9					118		7		152	255	
10			18		69	34	14	14	6		

Epoca 1980, per lavoro, con mezzo 3

Zona	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1											
2		42	4					4			
3			16	37				139			
4			8	416				540	5		
5			28		2209	6		45			
6					57	63	700		437		
7						764	112		4		
8				250	182	105	1159	40	479		15
9					49		75	670	25		
10	24	71	248	109	2023	63	4831	5	2386		
						652		222	11118		

Epoca 1980, per lavoro, con mezzo 4

Zona	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	170	18			31					116	
2	14	589								103	
3	6	81	13	14	51					211	
4		10	899	280	33	15	12		28	325	
5			118	1867	4517	506	1086		611	4750	
6			6	23	364	2718	297		97	2101	
7			6		2337	510	6041		758	10925	
8		15	8	20	382	319	214		67	1609	
9		15	17	310	276	35	402		5324	6564	
10	107	111	451	486	3467	1740	8802		9297		21
								1934			

Tab. 5.63 - *Segue*

Epoca 1980, per studio, con mezzo 1

Zona	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	83										
2		697									
3			1394								
4				1869							
5					8162						
6						3199					
7							8260				
8								2673			
9									5441		
10											

Epoca 1980, per studio, con mezzo 2

Zona	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1											
2		25						2		39	
3		17	17	117				13		80	
4			57	58			2	13		158	
5					22			2		18	
6							30	4		111	
7							5			32	
8		13	198	211				17		465	
9			27	19	40	11			25	13	
10		7						10			

Epoca 1980, per studio, con mezzo 3

Zona	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	8	241									
2		247								50	
3			6							18	
4			195					3		5	
5				385	6			7		6	
6					1407			31			
7			51			480	23		6		
8					1233		1210			552	
9					274					197	
10	12	22	167	21	364		29	548	5	3333	
					186	298	70		1499	402	
								31	8	2043	

Epoca 1980, per studio, con mezzo 4

Zona	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1											
2		103								41	
3			67							5	
4				101						30	
5					453					19	
6					33	213	5			157	
7					58		2			94	
8					72		330			762	
9					142			201		107	
10			14		107	48	9		158	303	
							22	17	10		

Tab. 5.63 - Segue

Epoca 1983, per lavoro, con mezzo l

[illegible]

Epoca 1983, per lavoro, con mezzo 2

Epoca 1983, per lavoro, con mezzo 2											
Zona	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	8							3		50	265
2		24			22	6	50	16		368	24
3	5	27	8	176	63	17	85	76	13	820	20
4			62	125	36		8			84	
5					7	50	44	8		331	
6			20		9	8	55	4	12	117	
7					19	120	83	15	40	934	
8			7	62				75	52	46	
9									278		
10		74	65	47	118	33	385	35			

Epoca 1983, per lavoro, con mezzo 3

Zona	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1											
2											
3		43	5							11	
4			17	40					5		
5			9	450							
6			30		2223	6			439		
7					57	64	704		4		
8						768	112				
9							1165	40	481		15
10	24	72	272	275	187	107	76	685	26		
				119	50		64	5	2394		
					2052	662	4895	225	11241		

Epoca 1983, per lavoro, con mezzo 4

Zona	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	176	19			32					120	
2	14	612	15	15	51					107	
3	6	81	969	299	34					211	
4		10	129	2020	4547	16			28	329	
5			7	25	366	509			613	4394	
6			6		2735	298			97	2122	
7					352	513			761	11037	
8		15	9	22	392	327	6075	46	68	1654	
9		15	18	341	277	35	219	4175	5341	650	20
10	109	113	494	529	3517	1764	404	28	9400		
							8919	1957			

Tab. 5.63 - *Segue*

Epoca 1983, per studio, con mezzo 1

Zona	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	86										
2		722									
3			1483								
4				1997							
5					8218						
6						3221					
7							8310				
8								2716			
9									5466		
10											

Epoca 1983, per studio, con mezzo 2

Zona	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1											
2		26						2		42	
3		16	18	128				12		74	
4			59	62			1	11		143	
5					23			2		19	
6								4		111	
7							30			33	
8			229	251			5	17		471	
9		13							27	13	
10		7	30	21	39	11		10			

Epoca 1983, per studio, con mezzo 3

Zona	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
I	9	248								53	
II		256								19	
III			7							5	
IV			207							5	
V				411							
VI					1416						
VII						483	23		6		
VIII							1218				
IX										959	
X										197	
XI										371	
XII	11	21	183					556		408	
				24			29		5		
						296	68		1506		
								31	8		

Epoca 1983, per studio, con mezzo 4

Zona	I	2	3	4	5.	6	7	8	9	10	II
1											
2											
3											
4	107		71								43,
5				108							6
6					457						28
7					37	214	6				17
8					58		2				159
9					73		332				94
10					142			204			770
			16		104	47	9		199		108
							22	17	10		306

Tub. 5.63 - *Segue*

Epoca 1986, per lavoro, con mezzo 1

Zona	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	378										
2		819									
3			1421								
4				1842							
5					5751						
6						2547					
7							7702				
8								2775			
9									5055		
10											

Epoca 1986, per lavoro, con mezzo 2

Zona	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	8									51	273
2		25	9					3		373	24
3	5	27	40	191	22	6	49	16		837	21
4			67	136	63	18	85	78	12		
5					37	8	45	8		87	
6			22		7	51	4	4		341	
7					9	8	56	15	12	121	
8			8	67	19	119	83	77	39	946	
9									52	48	
10		77	72	52	120	34	393	37	281		

Epoca 1986, per lavoro, con mezzo 3

Zona	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1											
2		45	5					4		12	
3			18	43				142			
4			10	430				559			
5			33					47			
6					2252	6			5		
7					58	65	712		440		
8						778	113		4		
9				297	186	107	1176	42	481		15
10	25	75	302	132	50	64	76	700	25		
					2099	678	5000	5	2405		
								236	11379		

Epoca 1986, per lavoro, con mezzo 4

Zona	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	182				33						
2	19										
3	633	17		17				4		126	
4	82	1049		325	51			11		111	
5	10	140		2200	34			380		215	
6		7		27	4605	16		186	28	336	
7		7			370	517		70	615	4532	
8				24	2378	2769		48	97	2184	
9		15	10	369	390	519		218	761	11362	
10		15	20	12	282	326		4265	67	1676	
11	112	117	549	588	3597	36		29	5367	6854	21
						1808		2056	9515		

Tab. 5.63 - *Segue*

Epoca 1986, per studio, con mezzo 1

Zona	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	89										
2		746									
3			1590								
4				2350							
5					8341						
6						3265					
7							8406				
8								2783			
9									5496		
10											

Epoca 1986, per studio, con mezzo 2

Zona	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1											
2		27						2		44	
3			19	142				12		69	
4		14	62	67			1	11		129	
5					23			3		19	
6								4		113	
7							30			34	
8		12	257	291			5	18		458	
9									27	13	
10		7	34	25	38	11		10			

Epoca 1986, per studio, con mezzo 3

Zona	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	9	256								56	
2		264								20	
3			9							4	
4			222							5	
5				443	5			3			
6			69		1437			6			
7						490	23	34	6		
8					1249		1232			581	
9					261					201	
10	11	21	216	28	372		30	570	4	3479	
					176	291	67		1514	296	
								32		2151	

Epoca 1986, per studio, con mezzo 4

Zona	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1										45	
2		111								6	
3			77							26	
4				116						15	
5					463		6			165	
6					33	217	2			96	
7					59		336			795	
8					69					105	
9			18		145		10	209	200	319	
10					101	47	21	17	10		

Tab. 5.63 - Segue

Epoca 1989, per lavoro, con mezzo l

[illegible]

Escola 1989, per lavoro, con mezzo 2

Zona	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	9							3		47	265
2		25	10		19		44	15		320	22
3	4	27	43	201	57	16	77	74	11	725	19
4			72	145	37		9	8		85	
5					7	52	45	4		334	
6			26		9	9	57	17	12	119	
7				78	19	117	81	79	38	888	
8			9						53	47	
9											
10		83	86	61	121	34	395	39	281		

Epoca 1989, per lavoro, con mezzo 3

Zona	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1											
2		46	6					4		11	
3			19	46				134	5		
4			11	522				531			
5			40					51			
6					2297	5					
7					59	66	726				
8						795	116				
9				434	182	105	1207	45			16
10	27	81	358	157	52	66	74	721	25		
					2109	681	5019	6	2460		
								250	11373		

Epoca 1989, per lavoro, con mezzo 4

Zona	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	188	21			32					118	
2	14	650	19	19	45					101	
3	6	79	1105	342	31					184	
4		10	144	2346	4697	14	11			291	
5			9	33	378	527	32		25		
6			8		378	2829	1126		623		
7				29	2443	534	307	76	99	4435	
8		16	12	426	381	318	6294	52	778	2141	
9		17	24	15	290	37	213	4391	65	11202	
10	119	127	650	698	3614	1816	421	31	5490	1573	22
							9144	2174	9510	6763	

Tab. 5.63 – Segue

Epoca 1989, per studi, con mezzo l

[illegible]

Epoca 1989, per studio, con mezzo 2

Epoca 1989, per studio, con mezzo 2											
Zona	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1								3		36	
2		28						10		45	
3		12	20	162			1	8		77	
4			57	70				3		19	
5					25			5		102	
6										34	
7							31			375	
8		13	30	418			4	18		13	
9									27		
10		7	44	36	32	10		11			

Epoca 1989, per studio, con mezzo 3.

Zona	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	9	273								48	
2		270	12							16	
3			228							3	
4				460						3	
5					3						
6					1457						
7			97			498	23		6		
8					1301		1246			567	
9					223					181	
10	11	21	277	40	395		31	584	4	3486	
					151		55			325	
						271			1521	2196	
								53	6		

Epoca 1989, per studio, con mezzo 4

Zona	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1											
2											
3		113	78							39	
4				121						5	
5										17	
6					470		6			9	
7					30		2			162	
8					61		340			86	
9					59					797	
10					154		10			86	
			24		86		17			326	
						43			201		
								214	8		
								18			

5.2.6. *La fase di assegnazione*

5.2.6.1. *Introduzione*

Il problema di assegnazione del traffico ad una rete (nel caso in oggetto, alla rete delle comunicazioni della valle di Susa) non trova analogie con i problemi precedentemente affrontati per il traffico internazionale: in quel caso, infatti, si faceva riferimento a punti (i transiti alpini), piuttosto che a tronchi stradali, ed il problema di "assegnazione" ai transiti era in realtà coincidente con un problema di ripartizione modale.

Il problema dell'assegnazione del traffico alla rete della valle di Susa si può considerare relativamente semplice, poiché in pratica si ha una unica direttrice di comunicazione (20); infatti, salvo che in prossimità di Torino (in pratica, salvo che dal punto convenzionale di inizio – il distacco dalla tangenziale di Torino – ad Avigliana), non vi sono dubbi sul percorso seguito dai vari spostamenti. Tuttavia, il calcolo esatto del traffico totale gravante su ciascun tronco è meno ovvio di quanto possa a prima vista sembrare, per cui una procedura sistematica si rende comunque necessaria.

5.2.6.2. *Il modello*

Il modello di assegnazione usato parte da una schematizzazione della rete sotto forma di grafo, cioè di un insieme di nodi (ciascun nodo corrisponde ad una zona dell'area di studio) collegati tra loro da archi (ciascun arco corrisponde ad un collegamento stradale e/o ferroviario).

Si supporrà che tra ogni coppia di nodi del grafo (cioè, tra ogni coppia di zone dell'area) esista un unico percorso plausibile per gli spostamenti che li abbiano come terminali; detto percorso sarà detto "percorso minimo" tra i due nodi (21).

Per eseguire i calcoli previsti nel modello adottato, è necessario definire le seguenti grandezze:

20. Anche se è costituita da più strade e da più mezzi.

21. Questa è, senz'altro, una ipotesi semplificatrice, poiché nella realtà possono darsi più percorsi alternativi per andare dalla stessa origine alla stessa destinazione; tuttavia, nel caso in oggetto non si perde niente in generalità, data la struttura particolarmente semplice della rete della valle di Susa, la quale in effetti permette un unico canale (ai fini del presente lavoro, due tronchi paralleli vengono considerati come un solo tronco).

F_{ij} flusso di traffico tra l'origine i e la destinazione j , che usa il mezzo di trasporto considerato (è sottinteso che l'assegnazione va ripetuta tante volte quanti sono i mezzi di trasporto considerati);

A_{ij} traffico totale che utilizza l'arco (i, j) nel senso dal nodo i al nodo j (se i nodi i e j non sono collegati, sarà $A_{ij} = 0$);

P_{ij} primo nodo che si incontra procedendo da i a j , lungo il percorso minimo che li collega (per $i \neq j$).

Ciascuno di questi insiemi di grandezze definisce una matrice; dette matrici saranno dette, rispettivamente:

F matrice origine-destinazione;

A matrice di assegnazione;

P matrice dei percorsi.

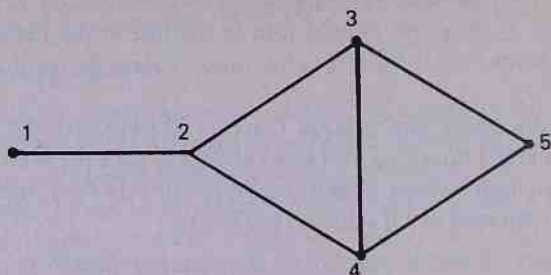
Mentre il significato di F ed A è immediatamente intuitivo, la stessa cosa non può dirsi per quello di P ; pertanto, si procede alla sua discussione.

L'importanza della matrice P deriva dalla seguente proprietà dei percorsi minimi: il percorso minimo da i a j è composto dall'arco che congiunge i a un dato nodo k , più il percorso minimo da k a j , tale che il nodo k è, tra tutti i nodi possibili, quello che rende minimo il percorso $i \rightarrow k \rightarrow j$.

La verità di questa proposizione è ovvia; tuttavia, essa è molto importante, poiché permette di evitare di tenere a memoria in modo esplicito l'elenco degli archi componenti ciascun percorso minimo. Tutta l'informazione necessaria si riduce al nodo che si tocca al passo successivo. Quanto ora enunciato può essere chiarito con un esempio. Si consideri il grafo di figura 5.19; accanto ad esso è riportata la corrispondente matrice dei percorsi. Si supponga di voler determinare l'elenco degli archi che compongono il percorso tra i nodi 1 e 5, con l'ausilio della matrice dei percorsi. Si procede per passi successivi, come segue:

1. si legge l'elemento P_{15} ; si ha $P_{15} = 2$, quindi il primo arco del percorso cercato è $(1, 2)$;
2. si legge l'elemento P_{25} ; si ha $P_{25} = 4$, quindi il secondo arco del percorso cercato è $(2, 4)$ (22);

22. Nell'esempio, si è supposto che il percorso minimo tra i nodi 2 e 5 passi per il nodo 4 e non, invece, per il nodo 3.



Origine \ Destinazione					
	1	2	3	4	5
1	X	2	2	2	2
2	1	X	3	4	4
3	2	2	X	4	5
4	2	2	3	X	5
5	4	4	3	4	X

Fig. 5.19 – Grafo di una rete e corrispondente matrice dei percorsi

3. si legge l'elemento P_{45} ; si ha $P_{45} = 5$, quindi il terzo arco del percorso cercato è (4, 5); esso è anche l'ultimo, poiché termina col nodo 5, che è la destinazione del percorso trattato.

In conclusione, il percorso cercato è composto dagli archi (1, 2), (2, 4) e (4, 5). Come si vede, la matrice P contiene tutta l'informazione, relativa al grafo, necessaria per procedere all'assegnazione.

Generalizzando l'esempio, si vede che è possibile costruire un semplice algoritmo iterativo, che calcola la matrice di assegnazione

A, "guidato" dalla matrice dei percorsi P . L'algoritmo è riassunto nel diagramma a blocchi di figura 5.20. Si procede ad una breve descrizione del significato dei passi corrispondenti ai vari blocchi del diagramma:

- blocco 1: inizialmente, tutti gli archi sono scarichi in quanto non è stato assegnato alcun flusso; pertanto, vengono posti uguali a zero tutti gli elementi della matrice di assegnazione;
- blocco 2: si prendono in esame, uno per volta, gli elementi della matrice origine-destinazione da assegnare alla rete. Si indica con F_{ij} il flusso da assegnare nelle iterazioni che stanno per iniziare;
- blocchi 3 e 4: con gli indici k ed l vengono indicati i due estremi dell'arco in esame, appartenente al percorso da i a j . Inizialmente, si pone $k = i$, cioè il nodo iniziale del percorso in esame, ed $l = P_{kj}$, cioè il primo nodo che viene incontrato lungo il percorso in esame. Alla prima iterazione (k, l) è, pertanto, il primo arco del percorso che va da i a j ;
- blocco 5: determinato un arco appartenente al percorso da i a j , il flusso totale su di esso viene incrementato del flusso F_{ij} ;
- blocchi 6 e 7: prima di procedere, si controlla se non si è arrivati a destinazione, cioè se non si è toccato il nodo terminale del percorso all'esame. Se non lo si è toccato, si passa a determinare l'arco successivo; pertanto, si pone $k = l$, cioè il nuovo nodo iniziale diventa il nodo terminale dell'arco precedente; quindi, si ripete la procedura a partire dal blocco 4. Se si è toccato, invece, il nodo terminale del percorso all'esame, ciò significa che è stato assegnato il flusso F_{ij} a tutti gli archi appartenenti al percorso $i \rightarrow j$; quindi, non esistono altri archi che possano essere interessati dal flusso F_{ij} , per cui si passa al blocco 8;
- blocco 8: se esistono altri flussi da assegnare, si ripete la procedura a partire dal blocco 2; se tutti i flussi sono stati assegnati, il calcolo dell'assegnazione è concluso.

5.2.6.3. I dati di entrata

La procedura di assegnazione viene applicata separatamente a ciascun mezzo di trasporto. A parità di mezzo (nonché di tipo di

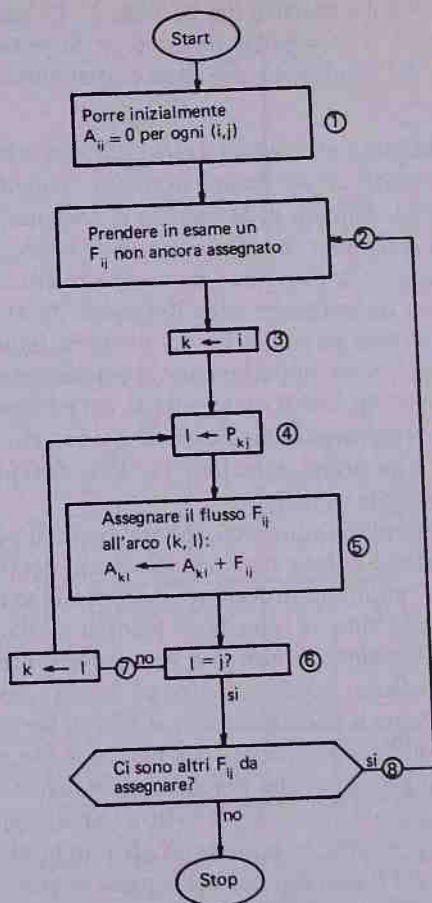


Fig. 5.20 – Diagramma della procedura di calcolo della matrice di assegnazione

spostamenti e di scadenza di previsione), gli input necessari all'algoritmo sopra descritto sono:

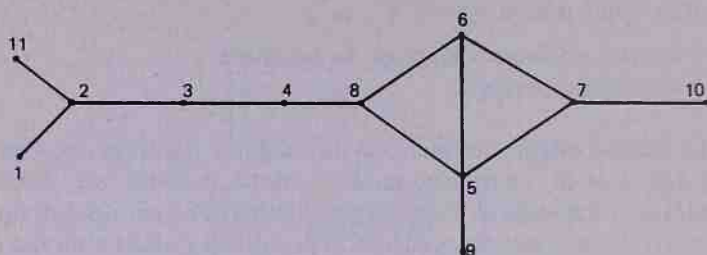
- a. la matrice origine-destinazione da assegnare;
- b. la matrice dei percorsi.

Le matrici origine-destinazione da assegnare costituiscono l'output della fase di ripartizione modale; infatti, in detta fase, è stata prodotta una matrice di flussi origine-destinazione per ciascun tipo di spostamento, ciascuna scadenza di previsione e ciascun mezzo di trasporto usato (23). Tali matrici sono state riportate nelle tabelle 5.59, 5.60 e 5.61.

La matrice dei percorsi implica una preliminare schematizzazione, in termini di grafo, della rete di comunicazioni della valle di Susa. Il livello di dettaglio, a cui viene descritta la rete di comunicazioni, deve essere coerente con il livello di aggregazione usato nella definizione delle zone. Poiché occorre analizzare gli spostamenti tra le zone, e non gli spostamenti interni a ciascuna zona, si trascureranno le comunicazioni di collegamento tra i comuni componenti ciascuna zona. Come già accennato alla nota (21), non si distinguerà tra più strade alternative qualora esse realizzino lo stesso collegamento con tracciato parallelo; ai fini del presente lavoro, esse potranno essere rappresentate da un unico arco del grafo. Ancora, non si distinguerà tra tracciato stradale e tracciato ferroviario, qualora ambedue esistano e realizzino lo stesso collegamento: ai fini del presente lavoro, essi potranno corrispondere ad un unico arco del grafo, senza specificazione di mezzo; sarà, poi, l'assegnazione a determinare il mezzo-interessato.

Il grafo adottato, quale rappresentazione della rete di comunicazioni della valle di Susa, è quello riportato in figura 5.21; nella stessa figura è riportata anche la corrispondente matrice dei percorsi. Naturalmente, la numerazione dei nodi corrisponde alla numerazione delle zone componenti l'area di studio (cfr.: tabella 5.46). Come appare immediatamente, il grafo di figura 5.21 per-

23. Naturalmente, i mezzi di trasporto oggetto della fase di assegnazione sono solo tre; infatti, gli spostamenti a piedi non sono stati assegnati alla rete interzonale, poiché, come è ovvio, corrispondono esclusivamente a spostamenti intrazonali.



Origine	Destinazione										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	X	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
2	1	X	3	3	3	3	3	3	3	3	11
3	2	2	X	4	4	4	4	4	4	4	2
4	3	3	3	X	8	8	8	8	8	8	3
5	8	8	8	8	X	6	7	8	9	7	8
6	8	8	8	8	5	X	7	8	5	7	8
7	5	5	5	5	5	6	X	5	5	10	5
8	4	4	4	4	5	6	5	X	5	5	4
9	5	5	5	5	5	5	5	5	X	5	5
10	7	7	7	7	7	7	7	7	7	X	7
11	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	X

Fig. 5.21 – Grafo della rete di comunicazioni della valle di Susa e corrispondente matrice dei percorsi

mette di determinare un unico percorso, per quasi tutte le coppie di nodi. L'unico tratto con due alternative è la comunicazione $8 \rightarrow 7$, che in teoria può usare come nodo intermedio sia il 6 sia il 5; cioè, gli spostamenti tra Avigliana e Torino possono passare sia per Rivoli sia per Alpignano e Pianezza; tale ambiguità è stata eliminata considerando come percorso "minimo" quello passante per Rivoli (la preferenza marcata per tale percorso è, d'altronde, confermata dall'esperienza relativa al comportamento attuale degli utenti).

5.2.6.4. I risultati delle previsioni

Le assegnazioni ottenute, per ciascuna scadenza di previsione, sono riportate nelle tabelle 5.64, 5.65 e 5.66. Dette tabelle sono distinte per tipo di spostamento e per mezzo di trasporto usato.

5.2.7. Riassunto della procedura complessiva

Analogamente a quanto fatto per il traffico internazionale (cfr.: 5.1.5.3), si procede a riassumere la struttura dell'intero processo di previsione del traffico pendolare, considerando l'interazione tra le varie fasi che compongono il detto processo; per altro, ciò corrisponde al modo in cui si è operato. E' solo per comodità di esposizione che le varie fasi della previsione (generazione, distribuzione, ripartizione modale, assegnazione) sono state discusse separatamente; di fatto, la procedura di calcolo predisposta concatenata automaticamente le varie fasi, producendo contemporaneamente gli output di ciascuna di esse.

Qui ci si limiterà a discutere la struttura del programma di calcolo, facendo riferimento al diagramma a blocchi di figura 5.22. Si procede ad una breve descrizione del significato dei passi corrispondenti ai vari blocchi del diagramma:

blocco 1: in questo blocco, vengono letti tutti i dati necessari ai calcoli successivi. Essi sono: le generazioni ed attrazioni per gli spostamenti per lavoro, corrispondenti alle previsioni di assetto territoriale elaborate in sede di studi per il piano territoriale per

Tab. 5.64 — Spostamenti pendolari attuali, sulla rete di comunicazioni della valle di Susa (unità)

Epoca 1977, per lavoro, con mezzo 2

Zona	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1											
2	5		65								301
3		166		775				1792			
4			257					277	372		
5								24			
6					7						
7					755	49					
8				291	2848	107				3207	
9					59						
10							1164				

Epoca 1977, per lavoro, con mezzo 3

Zona	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1											
2	28	13									17
3		128	22	224							
4			446								
5											
6					68	74		789	13525		
7					16233	777		965			
8				833	303	135				13	
9					133						
10							23913				

Epoca 1977, per lavoro, con mezzo 4

Zona	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1		143									
2	108		241								
3		311		708							17
4			742								
5						470	14005	1139	9111		
6					383		2238	3179	66		
7					16427	2009					
8				1374	2701	262				25353	
9					7021						
10							22771				

Epoca 1977, per studio, con mezzo 2

Zona	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1											
2			41								
3		40									
4			259	260							
5								349			
6								64			
7							802	5			
8				388	105	11	125			955	
9					770						
10					12		117				

Epoca 1980, per lavoro, con mezzo 2

Zona	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1											
2	5		69								
3		167		785							307
4			272								
5								1802			
6							2953	290	377		
7					7		464	25			
8					754	50				3291	
9				314	2939	156					
10					61						
							1195				

Epoca 1980, per lavoro, con mezzo 3

Zona	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1											
2	28	14									
3		131	23								16
4			481	223							
5											
6					68			778			
7					16453	74	945	1006	13639		
8					324	797	123			14	
9				910	138	123					
10							22287				

Tab. 5.65 – Segue

Epoca 1980, per lavoro, con mezzo 4

Enea										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1										
2	151									17
3		257								
4	111		733							
5		796			473	14355	1150	9179		
6				384		2240	3261			
7				16673	2053		66		25716	
8			1493	2845	280					
9				7261						
0						23224				

Epoca 1980, per studio, con mezzo 2

Epoca 1980, per studio, con mezzo 2											
Zona	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1											
2			45								
3		38		263				323			
4			300				815	68			
5							119	4			
6										962	
7											
8				474		12					
9					109						
					783						
					13						
							120				
10											

Epoca 1980, per studio, con mezzo 3

Zona	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1		299									
2	12		80								
3		35		82							
4			260								
5							3255	101			
6							212	294	19		
7								52			
8					1738	307				6889	
9				282	795						
10					2535		853				

Epoca 1980, per studio, con mezzo 4

Zona	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1		33									
2			32								
3				61							
4			11								
5											
6					26			76			
7					164			25			
8				11	215	37			8		
9					354					1189	
10							173				

Epoca 1983, per lavoro, con mezzo 4

Zona	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1		156									
2	113		268								
3		322		761							17
4			851								
5											
6						476		1166			
7					386		14527	3373	9271		
8					16928	2078	2261	66			
9				1611	2913	286				26007	
10					7332						
							23585				

Epoca 1983, per studio, con mezzo 2

Zona	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1											
2			48								
3		36		270							
4			337								
5											
6								303			
7								74			
8								4			
9				551	113	11				951	
10					772						
					13						
							125				

Tab. 5.65 – Segue

Enea 1983, per studio, con mezzo 3

Epoca 1983, per studio, con mezzo 3											
zona	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1		309									
2	11		86								
3		33	288	86				103			
4							3294	317	19		
5							211	59			
6										6966	
7					1762	305					
8				313	807						
9					2558						
10							867				

Epoca 1983, per studio, con mezzo u

[illegible]

Epoca 1986, per lavoro, con mezzo 2

Zona	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1											
2											
3	5	172	76	831							320
4			309								
5								1855			
6							351	336	385		
7					7		481	30			
8				363	802	52				3413	
9					3036	159					
10					63		1259				

Epoca 1986, per lavoro, con mezzo 3

Zona	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1											
2	30	15	26								16
3		137		235							
4			561								
5											
6						75		806			
7					70			1136	13937		
8					16959	828				15	
9				1073	330	126					
10					141						
								23018			

Epoca 1986, per studio, con mezzo 3

Zona	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1		20									
2	11		91								
3		32		89							
4			326								
5								105			
6							3400	354	19		
7						300	216	70			
8					1799					7189	
9				355	782						
10					2656		887				

Epoca 1986, per studio, con mezzo 4

Zona	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1		37									
2			42								
3				62							
4			14								
5											
6					26						
7					163						
8				14	210	36				1233	
9					369						
10							170				

Tab. 5.65 – Siegue

Epoca 1989, per studio, con mezzo 3

Epoca 1989, per studio, con mezzo 2											
Zona	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1		328									
2	11		81								
3		33		74							
4			417								
5								85	16		
6							3543	437			
7							194	98		7116	
8					1899	279					
9				459	650						
10					2728						
11							901				

Fino a 1989, per studio, con mezzo 4

Epoca 1989, per studio, con mezzo 4											
Zona	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1											
2		31									
3			35								
4			18	49							
5							515	56			
6							71	32			
7					24					1196	
8				18	155	34					
9					169						
10					381						
							155				

Epoca 1980, per lavoro, con mezzo 2

Zona	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1											
2											
3											
4		149	57	675							305
5			234								
6							2486	1573			
7							372	232	338		
8								22			
9				256	636	41				2706	
					2504	141					
10					46		1013				

Epoca 1980, per lavoro, con mezzo 3

Zona	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1											
2		11									
3	24		19								
4		109	393	197							15
5											
6					61	63	849	705			
7					14349	807	112	807	13069		
8				744	652					11	
9					299	111					
10					118		19298				

Tab. 5.66 -- Segue

Epoca 1980, per lavoro, con mezzo 4

Zona	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1		165									21
2	127		280								
3		364		831							
4			884								
5					461	541	15027	1341			
6					19013	2250	2398	3452	10858		
7					3217	334		73		26304	
8				1606	7366						
9							26395				
10											

Epoca 1980, per studio, con mezzo 2

Zona	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1											
2											
3		38	41	251				306			
4			302					65			
5								4			
6										915	
7					103	11	779				
8				475	708		111				
9					13						
10							114				

Epoca 1980, per studio, con mezzo 3

Zona	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1		291									
2	12		74								
3		34		76							
4			252								
5								94			
6							318	284	19		
7							197	51			
8					1680	238				6606	
9			273		765						
10					2437		815				

Epoca 1980, per studio, con mezzo 4

Zona	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1		41									
2			46								
3				76							
4			14								
5								95	10		
6							677	31			
7					33	118	96			1518	
8				14	206						
9					274						
10					454		218				

Tab. 5.66 - *Segue*

Epoca 1981, per lavoro, con mezzo 2

Zona	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1											
2											
3		150	60	689				1587			309
4	5		248					243	342		
5							2520	23			
6							375				
7					7					2750	
8				274	652	42					
9					2546	144					
10					46		1034				

Epoca 1981, per lavoro, con mezzo 3

Zona	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1											
2		11									15
3			20								
4	24	111	422	199							
5											
6						64	856	708	12196		
7							112	847			
8				806		662				11	
9						113					
10							19561				

Epoca 1983, per lavoro, con mezzo 4

Zona	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1											
2		170									
3	130		293								
4		369		862							20
5			946								
6						545	15209	1358			
7					463		2420	3573	10967		
8					19300	2277		74			
9					2392	342					
10				1735	7439		26802			26606	

Epoca 1983, per studio, con mezzo 2

Zona	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1											
2											
3		36	44								
4				258							
5			339								
6								286			
7							768	71			
8					107	11	111	4			
9				552	737					905	
10					13						
11							119				

Epoca 1986, per lavoro, con mezzo 2

Zona	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1											
2											
3	5	154	63	712							318
4		266									
5											
6											
7					7		2568	1614	345		
8					676	43	386	261			
9				297	2581	143		25		2804	
10					48						
							1066				

Epoca 1986, per lavoro, con mezzo 3

Zona	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1											
2		12									
3	25	115	21	207							15
4			460								
5											
6											
7					62	65	865	728	12335		
8					14786	678	113	912		12	
9				879	304	113					
10					120		19926				

Tab. 5.66 – Segue

Epoca 1986, per lavoro, con mezzo 4

Epoca 1986, per lavoro, corti mezzo 4										
Zona	1	2	3	4	5	6	7	8	9	11
1		178								21
2	133		307							
3		379		903						
4			1024							
5						553	15628	1389	11083	
6					467		2485	3612		
7					19746			77		27395
8					3330	2327				
9				1894		341				
10							27453			

Epoca 1986, per studio, con mezzo 2.

Epoca 1986, per studio, con mezzo 2											
Zona	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1											
2											
3											
4		34									
5			46	269				269			
6			372				738	80			
7							113	4		879	
8						11					
9					115						
10				627	706						
11					13						
12							126				

Epoca 1986, per studio, con mezzo 3

Zona	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1											
2	11	311									
3			85								
4		32		85							
5			317								
6								98			
7							3266	342			
8							201	69	18		
9											
10				345		291				6894	
					1741						
					751						
					2553						
							849				

Epoca 1986, per studio, con mezzo 4

Zona	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1											
2		45									
3			52								
4				77							
5			18								
6								93			
7							698	36	10		
8											
9				18		47				1574	
10											
					33						
					205						
					267						
					474						
							214				

Tab. 566 - Seglie

Epoca 1989, per lavoro, con mezzo?

Epoca 1989, per lavare, con mezzo 2											
Epoca	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1											
2	4		59								306
3		156									
4			294	655				1014			
5							2322	295	342		
6					7		380	30		2565	
7					710						
8				313	2326	43					
9					47	138					
10							1100				

1989. del lavoro, con mezzo 3

EPO a 1999, per lavoro, con mezzo 3											
Zona	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1		11									16
2	27		21	199				690			
3		123						1029			
4			531						12345		
5					63						
6					14906	66	877				
7					296	681	116			11	
8				1021		110					
9					124						
10							20054				

Epoca 1989, per lavoro, con mezzo 4

[illegible]

Epoca 1989, per studio, con mezzo 2

2014	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1											
2											
3											
4			38	255			569	178			
5		30	451				102	102			
6								5			
7										700	
8				848	131	10					
9					537						
10					13		241				

Tab. 5.66 - Segue

Epoca 1989, per studio, con mezzo 3

[illegible]

Epoca 1989, per studio, con mezzo A

Epoca 1989, per studio, con mezzo H											
Zona	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1											
2		39									
3			44								
4				61							
5			24					70	8		
6							659	41			
7							88			1526	
8					30	43					
9					197						
10				24	215						
					489						
							197				

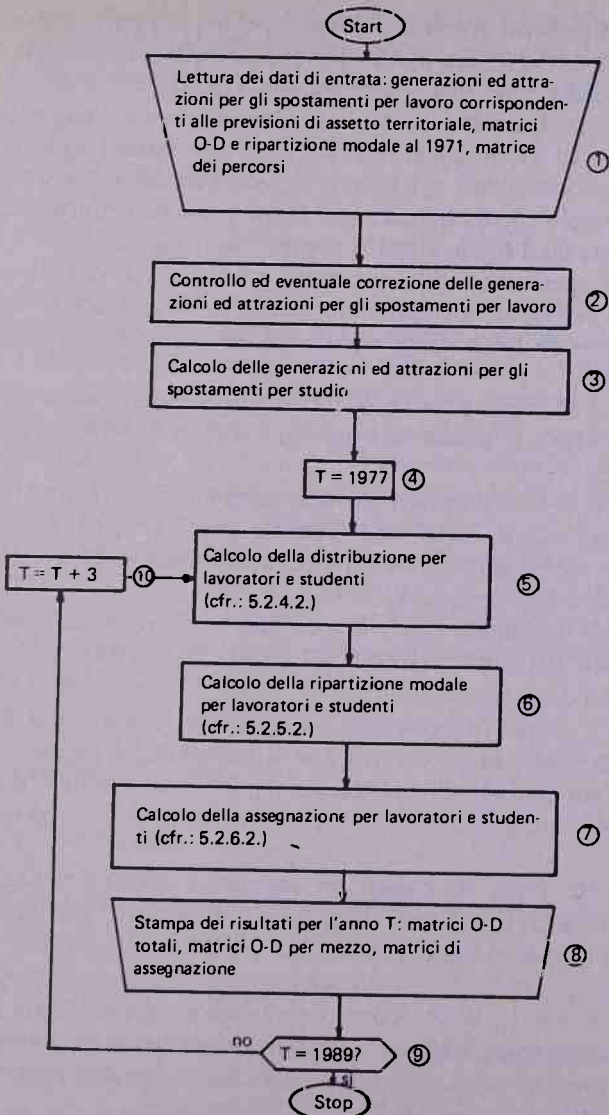


Fig. 5.22 — Diagramma della procedura di calcolo complessiva relativa alle fasi di generazione ed attrazione, distribuzione, ripartizione modale ed assegnazione del traffico pendolare locale

- il comprensorio di Torino; le matrici O-D e la ripartizione modale, derivanti dal censimento 1971; la matrice dei percorsi, derivante dall'esame della rete di comunicazioni;
- blocco 2: preliminarmente ad ogni altra operazione, vengono controllate ed eventualmente corrette le generazioni ed attrazioni per gli spostamenti per lavoro, in modo da assicurare il rispetto del vincolo di uguaglianza del totale generale (infatti, il totale generato ed il totale attratto devono essere uguali);
- blocco 3: basandosi sulle attrazioni e generazioni per gli spostamenti per lavoro ed usando la tecnica di cui in 5.2.3.2, vengono calcolate le generazioni ed attrazioni per gli spostamenti per studio;
- blocco 4: all'inizio dei calcoli, il calendario T viene posto sull'anno 1977, che è la prima data per cui vengono condotte le elaborazioni;
- blocchi 5, 6 e 7: in questi blocchi, vengono eseguiti tutti i calcoli che richiedono l'uso delle tecniche descritte in 5.2.4, 5.2.5 e 5.2.6: ciò produce come risultati la distribuzione, la ripartizione modale e l'assegnazione;
- blocco 8: terminati i calcoli per l'anno T, vengono stampati i risultati ottenuti: matrici O-D totali, matrici O-D per mezzo, matrici di assegnazione;
- blocco 9: prima di procedere ad elaborare le previsioni per una nuova scadenza, si controlla se il calendario è già arrivato alla fine del periodo di previsione, il 1989: se questo è il caso, i calcoli sono conclusi; in caso contrario, si prosegue con il blocco 10;
- blocco 10: prima di passare ad eseguire i calcoli per una nuova scadenza di previsione, il calendario viene fatto avanzare di tre anni; quindi, si ripete la procedura a partire dal blocco 5.

Naturalmente, la procedura complessiva, schematizzata nel diagramma di figura 5.22, deve essere ripetuta per ciascuna ipotesi di intervento: nel caso in oggetto, con il sistema di comunicazioni stradali attuale e con quello dopo l'intervento.

Prima di procedere alla esecuzione dei calcoli relativi alla seconda ipotesi, le matrici O-D del 1971 vengono modificate in funzione dell'incremento della velocità su strada dovuto all'intervento, se-

condo quanto specificato in 5.2.4.3 ed in 5.2.5.3. Pur non avendola messa in evidenza nel diagramma a blocchi, anche questa correzione è eseguita automaticamente dalla procedura adottata.

5.3. I risultati conclusivi

5.3.1. *Introduzione*

Le previsioni di traffico fin qui elaborate sono espresse in termini di unità trasportate (di merci o di persone); per poter procedere, è necessario trasformarle in termini di veicoli corrispondenti.

Inoltre, si deve ricordare che, per quanto riguarda il traffico locale, le previsioni elaborate riguardano solo gli spostamenti pendolari (i quali, come è noto, sono per lavoro e studio); finora, non è ancora stata operata alcuna stima in ordine al traffico di persone ed al non pendolare traffico locale di merci.

Si procederà, ora, a colmare le lacune nelle previsioni, che sono state indicate, ed a presentare le previsioni in termini di veicoli. Quanto enunciato, verrà eseguito con riferimento ad un insieme di tratte (che in alcuni casi possono ridursi a dei punti) elencate e definite come in tabella 5.67.

5.3.2. *Il traffico pesante*

5.3.2.1. *Introduzione*

Ai fini del presente studio, il traffico pesante verrà considerato come costituito dalle seguenti tre componenti:

- a. i veicoli pesanti corrispondenti al traffico di merci internazionali;
- b. i veicoli pesanti corrispondenti al traffico pendolare locale;
- c. i veicoli pesanti corrispondenti al traffico, sia di merci sia di persone non pendolari, locale.

Nel seguito, verrà analizzata e calcolata ciascuna di tali componenti.

Tab. 5.67 – Sistema di comunicazioni in valle di Susa

(contrassegno)	Tratte (Punti) (denominazione)	Definizione
1	Traforo del Fréjus	Coincide con il punto di ingresso nel traforo
2	Bardonecchia-Oulx	Coincide con il tratto (11, 2) definito come in 5.2.6.3
3	Valico del Monginevro	Coincide con il punto di confine italo-francese al valico omonimo
4	Monginevro-Oulx	Coincide con il tratto (1, 2) definito come in 5.2.6.3
5	Oulx-Susa	Coincide con il tratto (2, 3) definito come in 5.2.6.3
6	Valico del Moncenisio	Coincide con il punto di confine italo-francese al valico omonimo
7	Moncenisio-Susa	Coincide con la strada che realizza il collegamento tra i due nodi citati (tale tratto non trova riscontro in nessuno di quelli definiti in 5.2.6.3, poiché cade interamente all'interno della zona 3)
8	Susa-Avigliana	Coincide con la successione di archi (3, 4) e (4, 8), definiti come in 5.2.6.3
9	Avigliana-Rivoli	Coincide con la somma degli archi (8, 5) e (8, 6), definiti come in 5.2.6.3

5.3.2.2. I veicoli pesanti corrispondenti al traffico di merci internazionale

Il numero medio giornaliero di veicoli pesanti corrispondente al previsto traffico di merci internazionale viene calcolato assumendo:

- a. un carico medio per veicolo, rispettivamente, di 10 tonnellate ai valichi e di 20 tonnellate ai trafori (24);
- b. un numero medio di 250 giorni lavorativi nell'anno.

Applicando detti coefficienti ai dati introdotti in 5.1.5.5, relativamente alle merci, si ottengono i risultati riportati in tabella 5.68 (i calcoli sono stati eseguiti limitatamente ai transiti che interessano direttamente il traffico nella valle di Susa, e cioè: il valico del Monginevro, il valico del Moncenisio, il traforo del Fréjus).

Se si assegna il traffico di cui sopra alle tratte (in alcuni casi punti) introdotte in 5.3.1 si ottengono i risultati riportati in tabella 5.69.

5.3.2.3. *I veicoli pesanti corrispondenti al traffico pendolare locale*

Il numero medio giornaliero di veicoli pesanti corrispondente al traffico pendolare locale viene dedotto a partire dai risultati della fase di assegnazione relativi al mezzo 3 (tranvie ed autolinee); mezzo che, nel caso in oggetto, si può considerare senz'altro coincidente con gli autobus. Esso viene calcolato assumendo:

- a. un carico medio per veicolo pesante (autobus) di 40 passeggeri (25);
- b. una frequenza giornaliera media di 2 viaggi pro capite (per gli spostamenti sia per lavoro sia per studio) (26).

Applicando detti coefficienti ai dati introdotti in 5.2.6.4, relati-

24. I carichi medi usati sono fondati su quelli standard usati, comunemente, negli studi sul traffico: le 10 tonnellate corrispondono ad un autocarro senza rimorchio a carico di regime, le 20 tonnellate ad un autocarro con rimorchio a carico di regime.

25. Anche in questo caso, il carico medio usato è fondato su quelli standard usati, comunemente, negli studi sul traffico.

26. Con tale assunzione, si opera una lieve sottostima del traffico dovuto agli spostamenti per lavoro, poiché si trascurano i ritorni a casa nell'intervallo meridiano. Tuttavia, se si tiene presente il livello di aggregazione delle zone usate, può considerarsi lecito assumere che tali ultimi spostamenti si svolgano tutti all'interno delle zone stesse, senza perciò influenzare il traffico interzonale.

Tab. 5.68 – Numero medio giornaliero ai transiti di veicoli pesanti corrispondente al traffico di merci internazionale

Transito	1977	1980	1983	1986	1989
(unità)					
<i>Con il sistema di comunicazioni stradali attuale</i>					
Monginevro	74	85	91	104	102
Moncenisio	165	184	175	200	169
Fréjus		223	212	242	204
<i>Con il sistema di comunicazioni stradali dopo l'intervento</i>					
Monginevro	74	80	87	99	98
Moncenisio	165	151	148	169	147
Fréjus		754	737	843	732

Tab. 5.69 – Numero medio giornaliero per tratta di veicoli pesanti corrispondente al traffico di merci internazionale

Tratta (contrassegno)	1977	1980	1983	1986	1989
(unità)					
<i>Con il sistema di comunicazioni stradali attuale</i>					
1		223	212	242	204
2		223	212	242	204
3	74	85	91	104	102
4	74	85	91	104	102
5	74	308	303	346	306
6	165	184	175	200	169
7	165	184	175	200	169
8	239	492	478	546	475
9	239	492	478	546	475
<i>Con il sistema di comunicazioni stradali dopo l'intervento</i>					
1		839	820	938	811
2		839	820	938	811
3	74	45	49	55	55
4	74	45	49	55	55
5	74	884	869	993	866
6	165	85	83	95	83
7	165	85	83	95	83
8	239	969	952	1.088	949
9	239	969	952	1.088	949

vamente al mezzo 3 (tranvie ed autolinee) (ovviamente, sommando spostamenti per lavoro e per studio nei due sensi), si ottengono i risultati riportati in tabella 5.70. I dati si riferiscono ai tre tratti tra quelli introdotti in 5.3.1, interessati da traffico pendolare, e cioè il tronco 5 (Oulx-Susa), il tronco 8 (Susa-Avigliana) ed il tronco 9 (Avigliana-Rivoli) (27).

5.3.2.4. I veicoli pesanti corrispondenti al traffico, sia di merci sia di persone non pendolari, locale

A differenza di quanto fatto per il traffico internazionale e per il traffico pendolare locale, per il traffico, sia di merci sia di persone non pendolari, locale, non è possibile condurre una analisi dettagliata, con distribuzione, ripartizione modale ed assegnazione; tutto ciò che è possibile fare, per questo tipo di traffico, è considerarlo a livello aggregato per ciascuna tratta (indipendentemente, cioè, dalle origini e dalle destinazioni), ed estrapolarlo direttamente per le epoche future. Detto tipo di traffico, che potrà essere semplicemente denominato come "altro traffico locale", alla epoca iniziale (1977), può essere ottenuto per differenza tra il traffico giornaliero medio, rilevato dal censimento della circolazione Anas, e le aliquote di traffico calcolate in 5.3.2.2 e 5.3.2.3. Per le scadenze di previsione, esso viene estrapolato, a partire dall'anno 1977, con tasso annuo di incremento del 2,5 per cento, il quale risulta mediamente dallo sviluppo del traffico registrato in anni recenti (28). I risultati ottenuti sono riportati in tabella 5.71.

27. Come è chiaro, si è assunto che sia i transiti alpini sia i collegamenti tra questi ed il sistema di comunicazioni della valle siano usati esclusivamente dal traffico internazionale. Per i transiti, tale assunzione è, ovviamente, corretta; per i collegamenti dei transiti con il sistema di comunicazioni della valle, si fa notare che essi sono interamente contenuti all'interno di una zona (il 2 ed il 4 nella zona 1, il 7 nella zona 2), per cui, per definizione, non possono essere sede di traffico interzonale.

28. Il tasso annuo di incremento del 2,5 per cento coincide anche con quello registrato per le previsioni di traffico internazionale. Si deve, però, far notare che, per tali previsioni, il tasso di incremento non è stato assunto a priori, ma è una conseguenza a posteriori del metodo applicato.

Tab. 5.70 – Numero medio giornaliero per tratta di veicoli pesanti (autobus) corrispondente al traffico pendolare locale

Tratta (contrassegno)	1977	1980	1983 (unità)	1986	1989
<i>Con il sistema di comunicazioni stradali attuale</i>					
5	13	13	14	14	14
8	99	103	109	117	128
9	122	130	135	140	145
<i>Con il sistema di comunicazioni stradali dopo l'intervento</i>					
5	13	12	12	13	13
8	99	91	96	102	112
9	122	116	120	125	129

Tab. 5.71 – Numero medio giornaliero per tratta di veicoli pesanti corrispondenti al traffico, sia di merci sia di persone non pendolari, locale (od "altro traffico locale")

Tratta (contrassegno)	1977	1980	1983 (unità)	1986	1989
2	131	141	152	164	177
5	202	216	233	251	270
6	121	130	140	151	163
7	116	125	135	145	156
8	623	671	723	779	839
9	1.064	1.146	1.234	1.329	1.431

5.3.3. Il traffico leggero

5.3.3.1. Introduzione

Ai fini del presente studio, il traffico leggero verrà considerato come costituito dalle seguenti tre componenti:

- a. i veicoli leggeri corrispondenti al traffico di persone internazionale;
- b. i veicoli leggeri corrispondenti al traffico pendolare locale;
- c. i veicoli leggeri corrispondenti ad altro traffico locale.

Nel seguito, verrà analizzata e calcolata ciascuna di tali componenti.

5.3.3.2. I veicoli leggeri corrispondenti al traffico di persone internazionale

Il numero medio giornaliero di veicoli leggeri corrispondente al previsto traffico di persone internazionale viene calcolato assumendo:

- a. un carico medio per veicolo di 2,3 persone, corrispondente all'affollamento medio per veicolo degli ultimi anni (29);
- b. un numero medio di 365 giorni all'anno adatti a viaggiare (trattandosi, in buona parte, di spostamenti turistici di lunga distanza, non si considerano vincoli di giorni ed orari lavorativi).

Applicando detti coefficienti ai dati introdotti in 5.1.5.5, relativamente alle persone, si ottengono i risultati riportati in tabella 5.72 (i calcoli sono stati eseguiti limitatamente ai transiti che interessano direttamente il traffico nella valle di Susa, e cioè: il valico del Monginevro, il valico del Moncenisio ed il traforo del Fréjus).

Se si assegna il traffico di cui sopra alle tratte (in alcuni casi punti) introdotte in 5.3.1, si ottengono i risultati riportati in tabella 5.73.

29. Dato calcolato come rapporto tra gli stranieri entrati in Italia attraverso il confine italo-francese, su mezzo privato (fonte: Enit) ed il tgm relativo al traffico sui transiti stradali tra Italia e Francia (fonte: Anas). Il calcolo si riferisce all'anno 1975.

Tab. 5.72 – Numero medio giornaliero di transiti di veicoli leggeri corrispondente al traffico di persone internazionale

Transito	1977	1980	1983 (unità)	1986	1989
<i>Con il sistema di comunicazioni stradali attuale</i>					
Monginevro	1.318	1.309	1.412	1.523	1.643
Moncenisio	1.306	1.304	1.406	1.517	1.635
Fréjus		2.224	2.401	2.592	2.798
<i>Con il sistema di comunicazioni stradali dopo l'intervento</i>					
Monginevro	1.318	1.256	1.355	1.461	1.576
Moncenisio	1.306	1.255	1.354	1.460	1.574
Fréjus		3.268	3.528	3.808	4.111

5.3.3.3. I veicoli leggeri corrispondenti al traffico pendolare locale

Il numero medio giornaliero di veicoli leggeri corrispondente al traffico pendolare locale viene dedotto a partire dai risultati della fase di assegnazione relativi al mezzo 4 (autovetture ed altri mezzi privati su strada). Esso viene calcolato assumendo:

- a. un carico medio per veicolo di 1 passeggero, per gli spostamenti per lavoro, e di 2 passeggeri, per gli spostamenti per studio (30);

30. Tali ipotesi sono da assumere in via di prima istanza, in assenza di dati sperimentali.

Le assunzioni, che stanno alla base di tali ipotesi, sono le seguenti:

- a. per gli spostamenti per lavoro, l'uso del veicolo privato implica l'impossibilità che esso venga utilizzato da altre persone durante le ore di lavoro; pertanto, se si trascurano i passaggi occasionali a colleghi, si ha un veicolo per ogni viaggio;
- b. per gli spostamenti per studio, si suppone non trascurabile, anzi prevalente, l'uso di un veicolo da parte di più studenti contemporaneamente; l'assunzione è che, in media, per ogni conducente vi sia un'altra persona che go-
da di passaggi sistematici.

Si ritiene che le dette assunzioni assicurino, in termini di ordine di grandezza, una soddisfacente approssimazione al traffico che si tratta; è ovvio che si tratta di ipotesi discutibili e, comunque, passibili di modificazione in funzione della crescita del grado di informazione.

Tab. 5.73 – Numero medio giornaliero per tratta di veicoli leggeri corrispondente al traffico di persone internazionale

Tratta (contrassegno)	1977	1980	1983 (unità)	1986	1989
<i>Con il sistema di comunicazioni stradali attuale</i>					
1		2.224	2.400	2.592	2.798
2		2.224	2.400	2.592	2.798
3	1.318	1.309	1.412	1.523	1.642
4	1.318	1.309	1.412	1.523	1.642
5	1.318	3.533	3.812	4.475	4.440
6	1.306	1.304	1.406	1.517	1.635
7	1.306	1.304	1.406	1.517	1.635
8	2.624	4.837	5.218	5.992	6.075
9	2.624	4.837	5.218	5.992	6.075
<i>Con il sistema di comunicazioni stradali dopo l'intervento</i>					
1		3.268	3.527	3.808	4.111
2		3.268	3.527	3.808	4.111
3	1.318	1.256	1.354	1.461	1.576
4	1.318	1.256	1.354	1.461	1.576
5	1.318	4.524	4.881	5.269	5.687
6	1.306	1.255	1.354	1.460	1.574
7	1.306	1.255	1.354	1.460	1.574
8	2.624	5.779	6.235	6.729	7.261
9	2.624	5.779	6.235	6.729	7.261

- b. una frequenza giornaliera media di 3 viaggi pro capite, per gli spostamenti per lavoro (31), e di 2 viaggi pro capite, per gli spostamenti per studio.

31. A differenza di quanto assunto per gli utenti di mezzi di trasporto pubblico, i quali, non potendo disporre di mezzo proprio, sono costretti a rinunciare al ritorno a casa meridiano (qualora lavorino in una zona diversa da quella di residenza), per i possessori di mezzo privato si ipotizza una maggiore mobilità; pertanto, si assume che una aliquota di essi torni a casa nell'intervallo meridiano. In assenza di dati sperimentali in proposito, si è assunto il numero di 3 viaggi come media tra i 4 viaggi compiuti da chi torna a casa nell'intervallo meridiano ed i 2 viaggi compiuti da chi non torna a casa nell'intervallo meridiano.

Applicando detti coefficienti ai dati introdotti in 5.2.6.4, relativamente al mezzo 4 (autovetture ed altri mezzi privati), si ottengono i risultati riportati in tabella 5.74. I dati si riferiscono agli stessi tre tratti considerati in tabella 5.70.

Tab. 5.74 – Numero medio giornaliero per tratta di veicoli leggeri (autovetture ed altri mezzi privati) corrispondente al traffico locale

<i>Tratta (contrassegno)</i>	<i>1977</i>	<i>1980</i>	<i>1983 (unità)</i>	<i>1986</i>	<i>1989</i>
<i>Con il sistema di comunicazioni stradali attuale</i>					
5	1.691	1.760	1.810	1.875	1.874
8	7.626	8.016	8.418	8.947	9.445
9	18.854	19.595	20.156	20.941	21.375
<i>Con il sistema di comunicazioni stradali dopo l'intervento</i>					
5	1.691	1.978	2.035	2.110	2.108
8	7.626	8.950	9.389	9.960	10.483
9	18.854	21.533	22.151	22.983	23.407

5.3.3.4. I veicoli leggeri corrispondenti ad altro traffico locale

Analogamente a quanto detto in 5.3.2.4, per il traffico di persone locale dovuto ad altri motivi (cioè, dovuto a motivi diversi rispetto a quelli già esplicitamente trattati in 5.3.3.3), non è possibile condurre una analisi dettagliata, con distribuzione, ripartizione modale ed assegnazione; tutto ciò che è possibile fare per questo tipo di traffico è considerarlo a livello aggregato per ciascun tratto (indipendentemente, cioè, dalle origini e dalle destinazioni), ed estrapolarlo direttamente per le epoche future. Detto tipo di traffico, che potrà essere semplicemente denominato come "altro traffico locale", all'epoca iniziale (1977) può essere ottenuto per differenza tra il traffico giornaliero medio, rilevato dal censimento della circolazione Anas, e le aliquote di traffico calcolate in 5.3.3.2 e 5.3.3.3. Per le scadenze di previsione, esso viene estrapolato, a partire dall'anno 1977, con tasso annuo di incremento del 2,5 per

cento, il quale risulta mediamente dallo sviluppo del traffico registrato in anni recenti (28). I risultati ottenuti sono riportati in tabella 5.75.

Tab. 5.75 – Numero medio giornaliero per tratta di veicoli leggeri corrispondente ad altro traffico locale

<i>Tratta (contrassegno)</i>	<i>1977</i>	<i>1980</i>	<i>1983 (unità)</i>	<i>1986</i>	<i>1989</i>
2	2.068	2.227	2.398	2.582	2.780
5	2.236	2.408	2.593	2.792	3.007
7	2.511	2.704	2.912	3.136	3.377
8	6.770	7.312	7.874	8.480	9.132
9	4.097	4.412	4.751	5.117	5.510

5.3.4. Quadro riassuntivo

In tabella 5.76 sono riportati i dati relativi al traffico totale, espresso in numero totale medio giornaliero di veicoli, per tratta e per scadenza di previsione. Essi sono ottenuti come somma dei risultati di cui in 5.3.2 e 5.3.3; accanto al numero totale medio giornaliero di veicoli è riportata la percentuale di traffico pesante. L'elaborazione dei risultati in questa forma è dovuta alle esigenze di calcolo dei livelli di servizio, come risulterà chiaro in 7 (32).

32. Per la bibliografia, cui si è fatto riferimento nella costruzione di questo capitolo, è sufficiente rinviare a: A.G. Wilson, *Urban and Regional Models in Geography and Planning*, John Wiley and Sons, New York, 1974, pagg. 127-169, ed ai testi ivi citati.

Tab. 5.76 - Numero totale medio giornaliero di veicoli

Tratta (contrassegno)	1977		1980		1983		1986		1989	
	A (unità)	B (%)	A (unità)	B (%)	A (unità)	B (%)	A (unità)	B (%)	A (unità)	B* (%)
<i>Con il sistema di comunicazioni stradali attuale</i>										
1			2.447	9	2.612	8	2.834	8	3.002	7
2	2.199	6	4.815	7	5.162	7	5.580	7	5.959	6
3	1.392	5	1.394	6	1.503	6	1.627	6	1.744	6
4	1.392	5	1.394	6	1.503	6	1.627	6	1.744	6
5	5.534	5	8.238	6	8.755	6	9.753	6	9.911	6
6	1.592	18	1.618	19	1.721	18	1.868	19	1.967	17
7	4.098	7	4.317	7	4.628	7	4.998	7	5.337	6
8	18.000	5	21.431	6	22.820	6	24.861	6	26.094	6
9	27.000	5	30.612	6	31.972	6	34.066	6	35.011	6
<i>Con il sistema di comunicazioni stradali dopo l'intervento</i>										
1			4.107	20	4.347	19	4.746	20	4.922	16
2	2.199	6	6.475	15	6.897	14	7.492	15	7.879	13
3	1.392	5	1.301	3	1.403	3	1.516	4	1.631	3
4	1.392	5	1.301	3	1.403	3	1.516	4	1.631	3
5	5.534	5	10.022	11	10.623	10	11.428	11	11.951	10
6	1.592	18	1.470	15	1.577	14	1.706	14	1.820	14
7	4.098	7	4.169	5	4.483	5	4.836	5	5.190	5
8	18.000	5	23.772	7	25.269	7	27.138	7	28.775	7
9	27.000	5	33.955	7	35.443	7	37.371	7	38.687	6

*A = numero totale medio giornaliero di veicoli, spesso indicato come traffico giornaliero medio (tgm);
 B = percentuale di veicoli pesanti sul totale veicoli.

6. L'IMPATTO DELLE PREVISIONI SUL SISTEMA DELLE COMUNICAZIONI FERROVIARIE

6.1. Generalità

Le previsioni di traffico internazionale al transito ferroviario di Modane, contenute in 5.1.5.4, provocano effetti, sulla circolazione dei treni della linea Torino-Modane, diversi secondo le condizioni in cui si troveranno le strutture a seguito degli interventi, quali saranno dettagliatamente descritti in 8.2 ed 8.3. Qui di seguito vengono analizzate le condizioni di circolazione sulla linea ferroviaria alle varie epoche future prese in considerazione, facendo riferimento alle due ipotesi in ordine alle comunicazioni stradali (a. sostanziale mantenimento dell'attuale sistema di comunicazioni stradali, con l'introduzione di qualche miglioramento puntuale; b. la creazione di una strada a scorrimento veloce).

Come è ovvio, l'impatto viene operato sul sistema delle comunicazioni ferroviarie quale si dovrà evolvere: infatti, gli interventi previsti sul sistema delle comunicazioni ferroviarie sono assunti, in questo studio, come assolutamente necessari ed il funzionamento del sistema delle comunicazioni stradali è studiato sotto questa ipotesi.

6.2. I risultati

6.2.1. *Epoca 1980*

Nel 1980, la potenzialità di circolazione sulla linea Torino-Modane sarà all'incirca pari a quella attuale, poiché i lavori di raddoppio del semplice binario non saranno ancora terminati.

Per altro, fermo restando il numero dei treni viaggiatori internazionali nei due sensi di marcia, potrà essere trasportato tra Italia e Francia, un maggior numero di persone, ricorrendo ad una migliore utilizzazione delle carrozze, che oggi hanno larghi margini di disponibilità di posti, ed aumentando, eventualmente, la composizione dei treni con l'aggiunta di altre carrozze.

Analogamente, fermo restando il numero dei treni merci internazionali nei due sensi di marcia, potrà essere trasportata tra Italia e Francia una maggiore quantità di merce, ricorrendo ad un maggior numero di locomotori (per effettuare tutti i treni in tripla trazione) od all'impiego di locomotori più potenti, che consentono di aumentare la composizione dei treni (attualmente, vengono impiegati sulla linea Torino-Modane molti locomotori di scarsa potenza).

a. Traffico internazionale di persone

Sia nella prima ipotesi sia nella seconda ipotesi di traffico, il numero previsto di persone da trasportare per ferrovia (1) (rispettivamente, 1.434 migliaia e 1.361 migliaia) sarà inferiore a quello attuale (cfr.: tabelle 5.44 e 5.45).

b. Traffico internazionale di merci

b.1. Nella prima ipotesi, il traffico sarà di 1.696 migliaia di tonnellate in uscita dall'Italia e di 5.515 migliaia di tonnellate in entrata, per complessive 7.211 migliaia di tonnellate. Ciò significa, rispetto al traffico attuale (cfr.: tabella 3.1), un incremento del 10 per cento, che potrà essere sopportato dalle strutture ferroviarie ricorrendo alle misure poco sopra descritte;

b.2. nella seconda ipotesi, il traffico sarà di 1.350 migliaia di tonnellate in uscita dall'Italia e di 4.638 migliaia di tonnellate in entrata, per complessive 5.988 migliaia di tonnellate, quantità inferiore a quella attuale.

1. Senza tenere conto del senso di marcia.

6.2.2. *Epoca 1983*

a. Traffico internazionale di persone

- a.1. Nella prima ipotesi, il numero previsto di persone da trasportare per ferrovia (1) (1.551 migliaia) sarà superiore di appena il 5 per cento a quello attuale (cfr.: tabella 5.44). Esso potrà essere agevolmente trasportato con i treni attuali;
- a.2. Nella seconda ipotesi, il numero previsto di persone da trasportare per ferrovia (1) (1.472 migliaia) sarà pressoché coincidente con quello attuale (cfr.: tabella 5.45). Esso, ovviamente, potrà essere trasportato con i treni attuali.

b. Traffico internazionale di merci

- b.1. Nella prima ipotesi, il traffico sarà di 2.446 migliaia di tonnellate in uscita dall'Italia e di 7.931 migliaia di tonnellate in entrata, per complessive 10.377 migliaia di tonnellate. Ciò significa, rispetto al traffico attuale, un incremento del 58 per cento;
- b.2. nella seconda ipotesi, il traffico sarà di 2.009 migliaia di tonnellate in uscita dall'Italia e di 6.897 migliaia di tonnellate in entrata, per complessive 8.906 migliaia di tonnellate. Ciò significa, rispetto al traffico attuale, un incremento del 36 per cento.

Il completamento del raddoppio della linea ferroviaria consentirà di arrivare ad un incremento della capacità a disposizione dei treni merci (come si è visto sopra, per i viaggiatori internazionali non è necessario un incremento di capacità) di quasi il 70 per cento: si passerà, infatti, da 60 treni/giorno a 100 treni/giorno. Ciò significa, in termini di tonnellate ed a parità di altre condizioni di esercizio, il permanere di un margine di capacità che, nella prima ipotesi, sarà del 12 per cento e, nella seconda ipotesi, del 34 per cento.

6.2.3. *Epoca 1986*

a. Traffico internazionale di persone

- a.1. Nella prima ipotesi, il numero previsto di persone da trasportare per ferrovia (1) (1.677 migliaia) sarà superiore di solo il

14 per cento a quello attuale (cfr.: tabella 5.44). Esso potrà essere trasportato con i treni attuali;

- a.2. nella seconda ipotesi, il numero previsto di persone da trasportare per ferrovia (1) (1.591 migliaia) sarà superiore di appena l'8 per cento a quello attuale (cfr.: tabella 5.45). Esso potrà essere agevolmente trasportato con i treni attuali.

b. Traffico internazionale di merci

- b.1. Nella prima ipotesi, il traffico sarà di 2.785 migliaia di tonnellate in uscita dall'Italia e di 9.080 migliaia di tonnellate in entrata, per complessive 11.865 migliaia di tonnellate. Ciò significa, rispetto al traffico attuale, un incremento dell'81 per cento;
- b.2. nella seconda ipotesi, il traffico sarà di 2.288 migliaia di tonnellate in uscita dall'Italia e di 7.895 migliaia di tonnellate in entrata, per complessive 10.183 migliaia di tonnellate. Ciò significa, rispetto al traffico attuale, un incremento del 55 per cento.

Quindi, mentre nella seconda ipotesi permangono margini di capacità, nella prima ipotesi, invece, si verificherà di nuovo un superamento, sia pur non molto grande (del 10 per cento circa), della capacità. A tale situazione si potrà fare fronte ricorrendo a quelle misure di esercizio di cui si è già detto con riferimento all'epoca 1980.

6.2.4. *Epoca 1989*

a. Traffico internazionale di persone

- a.1. Nella prima ipotesi, il numero previsto di persone da trasportare per ferrovia (1) (1.813 migliaia) sarà superiore del 23 per cento a quello attuale (cfr.: tabella 5.44);
- a.2. nella seconda ipotesi, il numero previsto di persone da trasportare per ferrovia (1) (1.721 migliaia) sarà superiore del 17 per cento a quello attuale (cfr.: tabella 5.45).

In entrambe le ipotesi, si tratta di incrementi non molto rilevanti, cui è possibile fare fronte sia con le misure enunciate nei casi precedenti, sia con un limitato incremento del numero di treni viaggiatori (4 treni in più).

b. Traffico internazionale di merci

- b.1. Nella prima ipotesi, il traffico sarà di 3.535 migliaia di tonnellate in uscita dall'Italia e di 11.112 migliaia di tonnellate in entrata, per complessive 14.647 migliaia di tonnellate. Ciò significa, rispetto al traffico attuale, un incremento del 121 per cento;
- b.2. nella seconda ipotesi, il traffico sarà di 3.005 migliaia di tonnellate in uscita dall'Italia e di 9.935 migliaia di tonnellate in entrata, per complessive 12.940 migliaia di tonnellate. Ciò significa, rispetto al traffico attuale, un incremento del 97 per cento.

L'installazione del blocco automatico sulla linea consente di arrivare ad un incremento della capacità a disposizione dei treni merci (come si è visto sopra, per i viaggiatori internazionali è sufficiente un incremento di 4 treni/giorno) del 150 per cento: si passerà, infatti, da 60 treni/giorno a 150 treni/giorno. Ciò significa, in termini di tonnellate ed a parità di altre condizioni di esercizio, il permanere di un margine di capacità che, nella prima ipotesi, sarà del 30 per cento e, nella seconda ipotesi, del 50 per cento.

7. L'IMPATTO DELLE PREVISIONI SUL SISTEMA ATTUALE DELLE COMUNICAZIONI STRADALI

7.1. Generalità

Nel presente capitolo, l'analisi viene condotta facendo riferimento alle previsioni di traffico secondo la prima ipotesi, la quale fornisce i volumi di traffico che si determinerebbero dopo l'apertura del traforo, qualora non venissero compiuti interventi consistenti sull'attuale sistema delle comunicazioni stradali. Per opportuna prudenza, si farà riferimento alle previsioni relative all'anno 1989. Si deve aggiungere che le previsioni, elaborate in 5., forniscono valori globali per tronco del canale stradale della valle di Susa; ne consegue che, talora, dette previsioni dovranno essere ripartite tra le strade parallele che danno luogo, nel loro complesso, al suddetto canale stradale.

Infine, come è ovvio, si farà riferimento all'articolazione delle strade in tronchi, e di questi in tratte, che è stata introdotta in 4.

7.2. I risultati

7.2.1. *Strada statale n 24*

a. Tronco "Rivoli/Alpignano (tangenziale)-Avigliana/Grangia"

Le previsioni di traffico, elaborate per questo tronco del canale stradale, forniscono il seguente valore per il tgm: 35.011 veicoli, con una aliquota di traffico pesante pari al 6 per cento. Essendo,

questo, il valore globale per l'intero canale stradale ed essendo, in questo caso, il canale stradale costituito dalle due strade statali n 24 e n 25, si è proceduto alla ripartizione dell'indicato valore, e si è preceduto a ciò in modo proporzionale ai tgm che attualmente competono alle due strade. Ne è risultato che alla strada statale n 24 competerà un tgm di 11.470 veicoli, con una aliquota di traffico pesante pari al 6 per cento e con una punta normale, assumendo la percentuale del 22 per cento, di 2.500 veicoli/h. In tabella 7.1, detto tronco viene esaminato per tratte; per ciascuna di tali tratte, vengono determinati la capacità ed il livello di servizio che si produrranno.

Dall'esame risulta che il tronco in oggetto della strada statale n 24, con le caratteristiche fisiche attuali, offrirà un livello di servizio F. Ne consegue la necessità di interventi sullo stesso tronco capaci di assicurare un livello di servizio meno inadeguato e, per questo, certamente superiore al livello di servizio E.

b. Tronco "Avigliana/Grangia-Susa"

Le previsioni di traffico, elaborate per questo tronco del canale stradale, forniscono il seguente valore per il tgm: 26.094 veicoli, con una aliquota di traffico pesante pari al 6 per cento.

Essendo, anche questo tronco del canale stradale, costituito dalle due strade statali n 24 e n 25, l'aliquota del tgm complessivo che competerà alla strada statale n 24 varia, al variare della tratta, da 8.700 a 15.000 veicoli/giorno, con una aliquota di traffico pesante pari al 6 per cento e con una punta normale, assumendo la percentuale del 18 per cento, che varia, al variare della tratta, da 1.565 a 2.675 veicoli/h. In tabella 7.2 è illustrata la situazione che si produrrà sull'intero tronco.

Dall'esame risulta che il tronco in oggetto della strada statale n 24, con le caratteristiche fisiche attuali, offrirà un livello di servizio F. Ne consegue le necessità di interventi sullo stesso tronco, capaci di assicurare un livello di servizio meno inadeguato e, per questo, certamente superiore al livello di servizio E.

Tab. 7.1 - Tronco "Rivoli/Alpignano (tangenziale)-Avigliana/Grangia". Previsioni di traffico anno 1989 - 1^a ipotesi

Tratta	Lun- ghezza	Capacità livello E	Tgm	Veicoli pesanti	Punta normale	Rapporto tra punta normale e capacità	Livello di servizio
	km	$\frac{\text{veicoli}}{h}$	$\frac{\text{veicoli}}{\text{giorno}}$	%	$\frac{\text{veicoli}}{h}$		
I	2	3	4	5	6	$7 = \frac{6}{3}$	8
Alpignano-torrente Vangeirone	5,0	1.390	11.470	6	2.500	1,80	F
Torrente Vangeirone-Grangia	3,8	1.390	11.470	6	2.500	1,80	F

Tab. 7.2 - Tronco "Avigliana/Grangia-Susa", Previsioni di traffico anno 1989 - 1^a ipotesi

Tratta	Lun- ghezza	Capacità livello E	Tgm	Veicoli pesanti	Punta normale	Rapporto tra punta normale e capacità	Livello di servizio
	km	$\frac{\text{veicoli}}{h}$	$\frac{\text{veicoli}}{\text{giorno}}$	%	$\frac{\text{veicoli}}{h}$		
1	2	3	4	5	6	$7 = \frac{6}{3}$	8
Grangia-incrocio per Novaretto	4,1	1.410	8.700	6	1.565	1,11	F
Incrocio per Novaretto-San Valeriano	7,0	1.410	9.785	6	1.750	1,24	F
San Valeriano- ponte sulla Dora Riparia	3,7	1.410	9.785	6	1.750	1,24	F
Ponte sulla Dora Riparia-San Giorio	7,4	1.410	10.745	6	1.900	1,35	F
San Giorio-Coldimosso	3,0	1.485	10.745	6	1.900	1,30	F
Coldimosso-bivio per Tanze	3,2	1.485	15.500	6	2.675	1,80	F
Bivio per Tanze-inizio dell'abitato di Susa	1,5	1.410	15.500	6	2.675	1,90	F

c. Tronco "Susa-Oulx"

Le previsioni di traffico, elaborate per questo tronco del canale stradale, forniscono il seguente valore per il tgm: 9.911 veicoli, con una aliquota di traffico pesante pari al 6 per cento.

Essendo, questo tronco del canale stradale, costituito dalla sola strada statale n 24, il traffico previsto si riverserà tutto sulla stessa. La punta normale, assumendo la percentuale del 15 per cento, risulterà di 1.485 veicoli/h. In tabella 7.3 è illustrata la situazione che si produrrà sull'intero tronco.

Dall'esame risulta che il tronco in oggetto della strada statale n 24, con le caratteristiche fisiche attuali, offrirà un livello di servizio F. Ne consegue la necessità di interventi sullo stesso tronco, capaci di assicurare un livello di servizio meno inadeguato e, per questo, certamente superiore al livello di servizio E.

d. Tronco "Oulx-Monginevro"

Le previsioni di traffico, elaborate per questo tronco del canale stradale, forniscono i seguenti valori per il tgm:

tratta Oulx-Cesana: 2.556 veicoli, con una aliquota di traffico pesante pari al 6 per cento;

tratto Cesana-confine di Stato: 1.744 veicoli, con una aliquota di traffico pesante pari al 6 per cento.

Essendo, questo tronco del canale stradale, costituito dalla sola strada statale n 24, il traffico previsto si riverserà tutto sulla stessa. La punta normale, assumendo la percentuale del 15 per cento, risulterà, rispettivamente per le due tratte, di 385 e 260 veicoli/h. In tabella 7.4 è illustrata la situazione che si produrrà sull'intero tronco.

Dall'esame risulta che il tronco in oggetto della strada statale n 24, con le caratteristiche fisiche attuali, offrirà: un livello di servizio E, da Oulx all'inizio dell'abitato di Cesana; un livello di servizio F, dall'abitato di Cesana alla prima galleria; un livello di servizio C, dalla prima galleria al confine di Stato. Ne consegue la necessità di interventi sullo stesso tronco, e precisamente nel tratto da Oulx

Tab. 7.3 - Tronco "Susa-Oulx": Previsioni di traffico anno 1989 - 1^a ipotesi

Tratta	Lun- ghezza	Capacità livello E	Tgm	Veicoli pesanti	Punta normale	Rapporto tra punta normale e capacità	Livello di servizio
	km	$\frac{\text{veicoli}}{h}$	$\frac{\text{veicoli}}{\text{giorno}}$	%	$\frac{\text{veicoli}}{h}$		
1	2	3	4	5	6	$7 = \frac{6}{3}$	8
Inizio dell'abitato di Susa-vallone Comba Scura	9,0	305	9.911	6	1.485	4,87	F
Vallone Comba Scura-ponte sulla Dora Riparia	1,5	755	9.911	6	1.485	1,97	F
Ponte sulla Dora Riparia-prima galleria dopo Exilles	3,0	352	9.911	6	1.485	4,22	F
Prima galleria dopo Exilles-Deveys	1,5	600	9.911	6	1.485	2,47	F
Deveys-termine della discesa di Serre la Voute	2,5	340	9.911	6	1.485	4,37	F
Termine della discesa di Serre la Voute-inizio dell'abitato di Salbertrand	1,3	1.465	9.911	6	1.485	1,01	F
Inizio dell'abitato di Salbertrand-galleria di Pont Ventoux	3,3	1.465	9.911	6	1.485	1,01	F
Galleria di Pont Ventoux-Oulx	2,9	1.465	9.911	6	1.485	1,01	F

Tab. 7.4 - Tronco "Oulx-Monginevro": Previsioni di traffico anno 1989 - 1^a ipotesi

Tratta	Lun- ghezza	Capacità livello E	Tgm	Veicoli pesanti	Punta normale	Rapporto tra punta normale e capacità	Livello di servizio
	km	$\frac{\text{veicoli}}{h}$	$\frac{\text{veicoli}}{\text{giorno}}$	%	$\frac{\text{veicoli}}{h}$		
1	2	3	4	5	6	$7 = \frac{6}{5}$	8
Oulx-ponte sul Rio Nero	2,5	425	2.556	6	385	0,90	E
Ponte sul Rio Nero-inizio dell'abitato di Cesana	7,0	540	2.556	6	385	0,71	E
Attraversamento dell'abitato di Cesana	1,0	270	2.556	6	385	1,42	F
Dopo Cesana-prima galleria	3,0	250	1.744	6	260	1,04	F
Prima galleria-confine di Stato	3,0	485	1.744	6	260	0,54	C

alla prima galleria, capaci di assicurare un livello di servizio meno inadeguato, e, per questo, certamente superiore al livello di servizio E.

7.2.2. Strada statale n 25

a. Tronco "Rivoli/Alpignano (tangenziale)-Avigliana/Grangia"

Per le previsioni di traffico elaborate per questo tronco del canale stradale, si rinvia a quanto già scritto in 7.2.1, sub a..

Posto quanto precede, è risultato che alla strada statale n 25 competerà un tgm di 23.540 veicoli/giorno, con una aliquota di traffico pesante pari al 6 per cento e con una punta normale, assumendo la percentuale del 15 per cento, di 3.450 veicoli/h. In tabella 7.5 è illustrata la situazione che si produrrà sull'intero tronco.

Dall'esame risulta che il tronco in oggetto della strada statale n 25, con le caratteristiche fisiche attuali, offrirà un livello di servizio B, nel tratto dallo svincolo della tangenziale a Ferriera, ed un livello di servizio F, da Ferriera ad Avigliana. Ne consegue la necessità di interventi nella detta ultima tratta del tronco in oggetto, capaci di assicurare un livello di servizio meno inadeguato e, per questo, certamente superiore al livello di servizio E.

b. Tronco "Avigliana/Grangia-Susa"

Per le previsioni di traffico, elaborate per questo tronco del canale stradale, si rinvia a quanto già scritto in 7.2.1, sub b..

Posto quanto precede, è risultato che alla strada statale n 25 competerà un tgm che varia, al variare della tratta, da 17.394 a 10.590 veicoli/giorno, con una aliquota di traffico pesante pari al 6 per cento e con una punta normale, assumendo la percentuale del 15 per cento, che varia, al variare della tratta, da 2.610 a 1.500 veicoli/h. In tabella 7.6 è illustrata la situazione che si produrrà sull'intero tronco.

Dall'esame risulta che il tronco in oggetto della strada statale n

Tab. 7.5 - Tronco "Rivoli/Alpignano (tangenziale)-Avigliana/Grangia": Previsioni di traffico anno 1989 - 1^a ipotesi

Tratta	Lun- ghezza	Capacità livello E	Tgm	Veicoli pesanti	Punta normale	Rapporto tra punta normale e capacità	Livello di servizio
	km	$\frac{\text{veicoli}}{h}$	$\frac{\text{veicoli}}{\text{giorno}}$	%	$\frac{\text{veicoli}}{h}$		
1	2	3	4	5	6	$7 = \frac{6}{3}$	8
Rivoli svincolo tangenziale-Ferriera di Avigliana	6,0	7.520	23.540	6	3.450	0,46	B
Ferriera di Avigliana-Avigliana	3,0	1.880	23.540	6	3.450	1,83	F

Tab. 7.6 - Tronco "Avigliana/Grangia-Susa": Previsioni di traffico anno 1989 - 1^a ipotesi

Tratta	Lun- ghezza km	Capacità livello E		Tgm	Veicoli pesanti %	Punta normale $\frac{\text{veicoli}}{h}$	Rapporto tra punta normale e capacità	Livello di servizio
		$\frac{\text{veicoli}}{h}$	$\frac{\text{veicoli}}{h}$					
I	2	3	4	5	6	7 = $\frac{6}{3}$	8	
Avigliana-Chiusa di San Michele	6,5	1.880	17.394	6	2.610	1,39	F	
Chiusa di San Michele-inizio dell'abitato di Sant'Antonino	3,4	1.765	16.308	6	2.425	1,37	F	
Attraversamento dell'abitato di Sant'Antonino	2,0	1.765	16.308	6	2.425	1,37	F	
Fine dell'abitato di Sant'Antonino-ponte sulla Dora Riparia	2,3	1.765	16.308	6	2.425	1,37	F	
Ponte sulla Dora Riparia-fine dell'abitato di Borgone	1,0	1.770	15.347	6	2.275	1,28	F	
Fine dell'abitato di Borgone-Vernetto	4,5	1.770	15.347	6	2.275	1,28	F	
Vernetto-Foresto	4,0	1.560	15.347	6	2.275	1,46	F	
Foresto-inizio dell'abitato di Susa	4,5	1.690	10.590	6	1.500	0,89	E	
Attraversamento dell'abitato di Susa	2,0	1.690	10.590	6	1.500	0,89	E	

25, con le caratteristiche fisiche attuali, offrirà un livello di servizio F, da Avigliana a Foresto, ed un livello di servizio E, da Foresto a Susa. Ne consegue la necessità di interventi sullo stesso tronco, capaci di assicurare un livello di servizio meno inadeguato e, per questo, certamente superiore al livello di servizio E.

c. Tronco "Susa-Moncenisio"

Le previsioni di traffico, elaborate per questo tronco del canale stradale, forniscono il seguente valore per il tgm: 1.967 veicoli, con una aliquota di traffico pesante pari al 17 per cento (1).

Essendo, questo tronco del canale stradale, costituito dalla sola strada statale n 25, il traffico previsto si riverserà tutto sulla stessa. La punta normale, assumendo la percentuale del 15 per cento, risulterà di 295 veicoli/h. In tabella 7.7 è illustrata la situazione che si produrrà sull'intero tronco.

Dall'esame risulta che il tronco in oggetto della strada statale n 25, con le caratteristiche fisiche attuali, offrirà un livello di servizio F. Ne consegue la necessità di interventi sullo stesso tronco, capaci di assicurare un livello di servizio meno inadeguato e, per questo, superiore al livello di servizio E.

7.2.3. Strada statale n 335

Le previsioni di traffico, elaborate per questo tronco del canale stradale, forniscono il seguente valore per il tgm: 5.959 veicoli, con una aliquota di traffico pesante pari al 6 per cento. Essendo, questo tronco del canale stradale, costituito dalla sola strada statale n 335, il traffico previsto si riverserà tutto sulla stessa. La punta normale, assumendo la percentuale del 16 per cento, risulterà di 955 veicoli/h. In tabella 7.8 è illustrata la situazione che si produrrà sull'intera strada. Dall'esame risulta che la strada statale in oggetto, con le caratteristiche fisiche attuali, offrirà un livello di servizio E, ad eccezione della tratta da Savoulx al primo passaggio a livello ferroviario, che offrirà un livello di servizio D. Ne consegue la necessità di interventi su quasi tutta la strada capaci di

1. Come è ovvio, questo risultato si riferisce ai 6 mesi in cui il valico del Moncenisio è aperto.

Tab. 7.7 - Tronco "Susa-Moncenisio": Previsioni di traffico anno 1989 - 1^a ipotesi

Tratta	Lun- ghezza	Capacità livello E	Tgm	Veicoli pesanti	Punta normale	Rapporto tra punta normale e capacità	Livello di servizio
	km	$\frac{\text{veicoli}}{h}$	$\frac{\text{veicoli}}{\text{giorno}}$	%	$\frac{\text{veicoli}}{h}$		
1	2	3	4	5	6	$7 = \frac{6}{3}$	8
Fine dell'abitato di Susa-inizio dell'abitato di Giaglione							
Inizio dell'abitato di Giaglione-contrada Gilli	1,0	235	1.967*	17	295	1,25	F
Contrada Gilli-Molaretto	5,0	95	1.967*	17	295	3,10	F
Rampe di Molaretto	3,5	175	1.967*	17	295	1,68	F
Fine delle rampe di Molaretto-confine di Stato	1,0	110	1.967*	17	295	2,68	F
	6,0	160	1.967*	17	295	1,84	F

*Questo valore rappresenta il 'tgm dei sei mesi in cui il valico è aperto.

Tab. 7.8 - Tronco "Oulx-Bardonecchia". Previsioni di traffico 1989 - 1^a ipotesi

Tratta	Lun- ghezza	Capacità livello E	Tgm	Veicoli pesanti	Punta normale	Rapporto tra punta normale e capacità	Livello di servizio
	km	$\frac{\text{veicoli}}{h}$	$\frac{\text{veicoli}}{\text{giorno}}$	%	$\frac{\text{veicoli}}{h}$		
1	2	3	4	5	6	$7 = \frac{6}{3}$	8
Innesto della SS n 335 dir-Savoulx	3,0	1.280	5.959	6	955	0,75	E
Savoulx-primo passaggio a livello	2,3	1.485	5.959	6	955	0,64	D
Primo passaggio a livello-sottopasso alla fer- rovia	3,5	1.215	5.959	6	955	0,79	E
Sottopasso alla ferrovia-Bardonecchia	1,5	1.280	5.959	6	955	0,75	E

assicurare un livello di servizio meno inadeguato e, per questo, certamente superiore al livello E.

Posto quanto precede, occorre aggiungere che particolare attenzione andrà prestata al collegamento tra la strada statale n 335 ed il piazzale del traforo, sopra tutto nel caso in cui, in assenza di una nuova arteria aggiuntiva alla strada statale n 335, tutto il traffico passante per il traforo si riversi sulla viabilità esistente: occorrerà evitare che il detto collegamento provochi l'intasamento dell'abitato di Bardonecchia. La soluzione più idonea sarebbe quella di oltrepassare tutto il tratto della strada statale n 335, che risulta maggiormente critico, ed arrivare fino a valle del primo passaggio a livello ferroviario: detto raccordo potrebbe servire sia il traffico in transito sia quello da e per Bardonecchia.

7.2.4. *Strada statale n 335 dir*

Sviluppandosi la strada statale n 335 dir interamente lungo il canale stradale Oulx-Bardonecchia, per le previsioni di traffico si rinvia a quanto già scritto in 7.2.3. In tabella 7.9 è illustrata la situazione che si produrrà sull'intera strada.

Dall'esame risulta che la strada statale in oggetto, con le caratteristiche fisiche attuali, offrirà un livello di servizio E.

7.3. Conclusioni

Dall'esame della situazione che si produrrà sull'intero canale stradale, a fronte delle previsioni di traffico secondo la prima ipotesi, cioè con i volumi di traffico che si determinerebbero dopo l'apertura del traforo, qualora non venissero compiuti interventi consistenti sull'attuale sistema delle comunicazioni stradali, in via di estrema sintesi è risultato quanto segue:

- a. la strada statale n 24 offrirà, lungo tutto il suo sviluppo, ad eccezione del tronco Oulx-Monginevro in cui il livello di servizio in alcune tratte diventa E o C, un livello di servizio F;
- b. la strada statale n 25 offrirà, lungo quasi tutto il suo sviluppo, un livello di servizio F;
- c. le strade statali n 335 e n 335 dir offriranno livelli di servizio E o D.

Tab. 7.9 - Tronco "Oulx-Bardonecchia". Previsioni di traffico 1989 - 1^a ipotesi

Tratta	Lun- ghezza	Capacità livello E	Tgm	Veicoli pesanti	Punta normale	Rappor- to tra punta normale e capacità	Livello di servizio
	km	$\frac{\text{veicoli}}{h}$	$\frac{\text{veicoli}}{\text{giorno}}$	%	$\frac{\text{veicoli}}{h}$		
1	2	3	4	5	6	$7 = \frac{6}{3}$	8
Galleria Pont Ventoux-innesto della SS n							
335	2,8	1.280	5.959	6	955	0,75	E

Ne consegue che, per ottenere livelli di servizio accettabili, occorre compiere interventi consistenti sull'attuale sistema delle comunicazioni stradali. Come si vedrà in 9, il dimensionamento degli interventi dovrà essere operato facendo riferimento alle previsioni di traffico della seconda ipotesi, le quali forniscono i volumi di traffico che si determinerebbero dopo l'apertura del traforo, ove si dia luogo ad interventi consistenti sul sistema delle comunicazioni stradali; interventi non evitabili visto quanto emerso in questo capitolo e, d'altro canto, di dimensione tale da ingenerare un incremento dei volumi di traffico.

8. GLI INTERVENTI SUL SISTEMA DELLE COMUNICAZIONI FERROVIARIE

8.1. Generalità

L'importanza della linea Torino-Modane, posta in evidenza in 3, ha indotto l'Azienda FS a programmare provvedimenti di potenziamento ed ammodernamento, parte dei quali sono in corso di esecuzione e parte sono ancora in progetto.

Per contro, sul tronco Bussoleno-Susa non è stato individuato dalle FS alcun provvedimento; mentre, come si vedrà meglio in seguito, anche sul detto tronco occorrono interventi di ammodernamento.

Gli interventi necessari verranno distinti in due categorie:

- a. quelli in corso di esecuzione (o per i quali esiste già il finanziamento);
- b. quelli in progetto (per i quali, cioè, è stato chiesto, ma non è stato ancora ottenuto, il finanziamento).

8.2. Interventi in corso

Gli interventi in corso di esecuzione (o comunque già finanziati) sono i seguenti:

1. il raddoppio del binario fra Bussoleno e Salbertrand;
2. l'installazione del blocco automatico "banalizzato" (cioè, tale da permettere, su ciascun binario, la circolazione nei due sensi di marcia) fra Bardonecchia e Modane;

3. la costruzione di una prima parte della stazione di smistamento di Torino Orbassano.

Lo stato di avanzamento dei lavori è il seguente.

Per il raddoppio del binario fra Salbertrand e Bussoleno, le opere vengono eseguite per lotti separati sulle singole tratte del tronco, così come ora si procede a descrivere:

a. tratta Salbertrand-Exilles (km 3,7).

Funziona a doppio binario dal settembre 1977;

b. tratta Exilles-Chiomonte (km 6).

I lavori sono in ritardo a causa di impreviste difficoltà di perforazione. Lo scavo procede su due fronti. A lavori di raddoppio ultimati, sarà necessario eseguire opere di consolidamento della galleria di Exilles, sull'attuale binario (così come è stato fatto per la galleria di Serre la Voute, fra Salbertrand ed Exilles). Si prevede che il doppio binario non potrà funzionare prima del 1980;

c. tratta Chiomonte-Meana (km 6,6).

I lavori sono iniziati da qualche mese e procedono su due fronti, senza incontrare difficoltà. Si prevede che il doppio binario possa entrare in funzione su questa tratta nel 1980;

d. tratta Meana-Bussoleno (km 7,3).

I lavori sono iniziati da qualche mese, ma procedono su di un solo fronte e lentamente. Se non verranno accelerati, si prevede che il doppio binario non possa entrare in funzione prima del 1983 (1) (2).

1. Nel corso del dibattito sul presente studio (che, come si vedrà, evidenzia le conseguenze negative derivanti dal completamento del raddoppio della linea ferroviaria Torino-Modane in epoca successiva all'apertura del traforo stradale del Fréjus), è stata annunciata l'adozione di misure, da parte dell'Azienda FS, le quali dovrebbero consentire l'entrata in funzione del doppio binario con almeno un anno di anticipo sulla data inizialmente prevista.

2. Tutte le opere sopra elencate sono state già finanziate; tuttavia, le FS non ritengono sufficienti gli importi già stanziati ed hanno chiesto un ulteriore finanziamento di 6 miliardi di lire nel "Piano integrativo" (ossia in quel piano che, secondo le FS, dovrebbe precedere il "Piano poliennale di sviluppo" e rifinanziare le opere programmate coi precedenti piani), sia per far fronte ai maggiori costi conseguenti alla svalutazione monetaria sia per eseguire il completamento di quelle opere di cui erano state programmate solo le fasi iniziali.

Per l'installazione del blocco automatico banalizzato fra Bardonecchia e Modane, i lavori sono in avanzata fase di realizzazione e dovrebbero essere conclusi entro il 1978. Questa opera risponde, ora, non tanto all'esigenza di aumentare la potenzialità del tratto (esigenza per altro meno urgente di quella del raddoppio del tronco Bussoleno-Salbertrand), quanto piuttosto all'esigenza di eliminare le disagiati condizioni di lavoro del personale in galleria. Tuttavia, la sua utilità, ai fini dell'incremento della potenzialità, emergerà quando il completamento del raddoppio della linea Torino-Modane consentirà l'incremento del numero dei treni.

Per la costruzione della nuova stazione di smistamento di Orbassano (destinata a sostituire l'attuale stazione di smistamento di Lingotto, pur servendo le varie linee che fanno capo al nodo ferroviario di Torino, intimamente connessa al raddoppio della linea ferroviaria Torino-Modane ed al conseguente incremento del traffico merci), una prima fase di lavori, consistenti nella sistemazione della sede e nella costruzione delle opere d'arte, è già da tempo conclusa. Una seconda fase di lavori, finanziata col "Piano di interventi straordinari" (Pis) per un importo di 17 miliardi di lire, ha avuto inizio nel 1977 e consiste nella costruzione di impianti capaci di manovrare circa 600 carri al giorno, a sussidio ed a parziale sostituzione dello smistamento di Lingotto. Nel citato "Piano di interventi straordinari" (Pis), era stato previsto un finanziamento globale di 35 miliardi di lire (il quale sarebbe dovuto essere sufficiente, nelle previsioni iniziali, per il completamento dell'opera); invece, le FS hanno previsto, nel "Piano integrativo", un ulteriore finanziamento di 20 miliardi di lire, per un'altra "fase" di lavori, e nel "Piano poliennale di sviluppo" un finanziamento di altri 30 miliardi di lire per il completamento dell'opera.

Lo smistamento di Orbassano è stato progettato per una potenzialità di 5.000 carri al giorno, la quale appare necessaria soltanto nel lungo periodo (l'attuale smistamento di Lingotto ha una potenzialità di 1.800 carri al giorno). La seconda fase di lavori (per un importo di 17 miliardi), in corso di esecuzione, non sarà sufficiente a realizzare opere in grado di sostituire lo smistamento di Lingotto, ma permetterà di avere impianti integrativi di capacità adeguata a fronteggiare l'incremento di traffico per qualche anno. Ne consegue che l'utilizzazione degli ulteriori fondi, già previsti nel

“Piano di interventi straordinari” (Pis) potrebbe permettere di attingere un livello di attività soddisfacente in relazione all’incremento di traffico che verrebbe indotto dal completamento del raddoppio della linea ferroviaria Torino-Modane. Ciò posto, si può concludere che il completamento definitivo della nuova stazione di smistamento di Orbassano possa essere spostato in là nel tempo: infatti, ciò che appare necessario è ottenere la più rapida utilizzazione delle opere realizzate [mentre il rinvio del completamento definitivo consentirebbe il dirottamento di fondi verso opere che risulterebbero più urgenti nel quadro del perseguimento di un più equilibrato sistema di comunicazioni ferroviarie regionali (3)].

8.3. Interventi in progetto

Gli interventi in progetto sulla linea ferroviaria Torino-Modane riguardano, essenzialmente, le proposte avanzate dalle FS nel progetto di piano poliennale di sviluppo presentato al Parlamento. Essi sono:

1. l’installazione, sull’intera linea, del blocco automatico banalizzato con ripetizione continua dei segnali in macchina, in sostituzione del blocco elettrico manuale. La spesa prevista ammonta a 7 miliardi di lire;
2. la soppressione, sull’intera linea, di tutti i passaggi a livello, in numero di 63. La spesa prevista ammonta a 17 miliardi di lire;
3. il completamento della stazione di smistamento di Orbassano.

Oltre alle osservazioni in ordine alla stazione di smistamento di Orbassano, già enunciate in 8.2, si ritiene di dover avanzare qualche riserva sulla necessità di eliminare tutti i passaggi a livello e, in particolar modo sulla soluzione tecnica prospettata dalle FS; differenziando gli interventi a seconda delle strade, il problema in oggetto potrebbe essere risolto ottenendo un risparmio anche notevole, il quale potrebbe essere dirottato verso altre opere, già previste dalle FS oppure nemmeno previste dalle FS (3).

3. Naturalmente, su questo terreno non si va qui più oltre; costituendo, esso, l’oggetto di un apposito studio, sempre nell’ambito degli studi per la formazione del piano regionale dei trasporti.

Fra queste altre opere, c'è anche quella dell'ammodernamento del tronco ferroviario Bussoleno-Susa. Il buon andamento del traffico viaggiatori e l'esistenza di una consistente domanda di traffico merci, la quale oggi si rivolge pressoché esclusivamente alla strada, suggeriscono di inserire il tronco ferroviario Bussoleno-Susa fra le linee per le quali appare necessario effettuare alcuni interventi al fine di garantire il livello di servizio consentito dalle caratteristiche plano-altimetriche del tracciato (in particolare, la velocità di linea è oggi di 55 km/h, a fronte di una velocità di tracciato oscillante, a seconda dei tratti, tra 75 e 100 km/h; questa limitazione è dovuta essenzialmente al cattivo stato di conservazione dell'armamento, che per altro è di tipo leggero, ed alle caratteristiche della linea aerea di alimentazione elettrica, che è una trifase adattata alla trazione in corrente continua. Inoltre, la scarsa attrattività della linea rispetto al traffico merci è dovuta essenzialmente all'insufficiente carico assiale massimo ammesso. Gli interventi, che occorre effettuare sulla linea ferroviaria Bussoleno-Susa, sono:

- a. il completo rifacimento dell'armamento, con rotaie tipo FS 50;
- b. i consolidamenti della sede ferroviaria e delle opere d'arte, tutte di limitata rilevanza, al fine di garantire un peso assiale di 18 tonnellate;
- c. la sostituzione della linea aerea di alimentazione elettrica (4);
- d. la soppressione o la protezione di 6 passaggi a livello (5).

La linea è già attrezzata col blocco elettrico manuale e la potenzialità di 60 treni/giorno appare adeguata.

8.4. L'effetto degli interventi sul sistema

8.4.1. Introduzione

L'effetto degli interventi descritti in 8.2 ed in 8.3 sul sistema delle comunicazioni ferroviarie della valle di Susa viene analizzato facendo riferimento a due epoche:

- 4. In verità, questo intervento dovrà essere operato soltanto se lo stato attuale della linea aerea costituisca un vincolo alla velocità dei treni.
- 5. Altri 3 passaggi a livello sono già protetti.

- a. l'epoca 1983, nella quale verranno ultimati gli interventi in corso di esecuzione (o per i quali esiste già il finanziamento);
- b. l'epoca 1989, nella quale si presume verranno ultimati gli interventi in progetto (per i quali, cioè, è stato chiesto, ma non è stato ancora ottenuto, il finanziamento).

8.4.2. *Linea Torino-Modane*

8.4.2.1. *Epoca 1983*

Il raddoppio del binario fra Bussoleno e Salbertrand e la costruzione di una prima parte della stazione di smistamento di Orbassano consentono di elevare da 86 a 120-130 treni al giorno la potenzialità dell'intera linea ferroviaria Torino-Modane. La realizzazione del blocco automatico banalizzato fra Bardonecchia e Modane contribuirà a garantire il detto livello di servizio.

Tenuto conto che l'incremento di potenzialità potrà essere integralmente sfruttato per la circolazione di treni merci, al 1983 si avrà la possibilità di inserire, oltre ai 60 esistenti, almeno altri 34 treni merci, con un incremento del 57 per cento. Si tratta di un incremento di traffico di merci notevole, il quale tuttavia non è incompatibile con un qualche incremento del numero dei treni per il traffico di persone locale (6).

8.4.2.2. *Epoca 1989*

L'installazione, sull'intera linea, del blocco automatico e gli altri interventi previsti, anche con le attenuazioni in questa sede proposte, consentono di elevare:

- a. il peso assiale da 20 a 22 tonnellate (come indicato nel progetto di piano poliennale);
- b. la potenzialità della linea Torino-Modane a 180-190 treni al giorno (7).

6. Non si riconosce l'esistenza di alcun problema, in termini di numero di treni, per il traffico di persone internazionale.

7. In particolare, la potenzialità del tronco Torino-Bussoleno a 220 treni al giorno.

Il confronto fra la situazione attuale e quella al 1989 consente di prevedere l'introduzione, sul tronco Bussoleno-Modane, di 94-104 treni al giorno in aggiunta agli 86 treni al giorno esistenti (8).

8.4.3. *Tronco Bussoleno-Susa*

Data la loro limitata consistenza, gli interventi, proposti per questo tronco ferroviario, potrebbero essere tutti realizzati entro il 1983.

I benefici, che ne conseguirebbero, possono essere valutati in termini di:

- a. incremento della velocità commerciale dei treni viaggiatori (che ridurrebbero il tempo di percorrenza di 2 minuti);
- b. incremento del peso assiale ammesso da 16 a 18 tonnellate (ed eventualmente, imponendo una riduzione di velocità ai treni merci, anche a 20 tonnellate).

La potenzialità attuale, di 60 treni al giorno, appare già sufficiente a permettere un incremento dei treni viaggiatori e sarà incrementata, di circa il 10 per cento, per effetto dell'incremento di velocità dei treni.

In conclusione, l'analisi degli effetti degli interventi proposti, ove relazionata al possibile incremento della domanda di trasporto rivolta al tronco in oggetto, consente di valutare che gli interventi stessi siano adeguati, con riferimento non solo all'epoca 1983 ma anche all'epoca 1989.

8. Ipotizzando che la potenzialità aggiuntiva venga utilizzata interamente per treni di lunga percorrenza (per merci e per persone), i quali impegnerebbero quindi anche il tronco Torino-Bussoleno, su questo ultimo tronco rimarrebbe ancora una potenzialità aggiuntiva per servizi locali di 24 treni al giorno, che dovrebbe essere del tutto soddisfacente. Si aggiunge che l'ammodernamento dei materiali rotabili, previsto nel piano poliennale di sviluppo delle FS, dovrebbe permettere l'incremento della velocità commerciale dei treni a carattere locale.

9. GLI INTERVENTI SUL SISTEMA DELLE COMUNICAZIONI STRADALI

9.1. Generalità

Gli interventi, diversi secondo il livello di servizio che si vorrà garantire, verranno definiti facendo riferimento alle previsioni di traffico relative alla seconda ipotesi, la quale fornisce i volumi di traffico che si determinerebbero dopo l'apertura del traforo, qualora venissero compiuti interventi consistenti sul sistema di comunicazioni stradali della valle di Susa. Poiché interventi consistenti — per essere introdotti — richiedono tempi tecnici consistenti, si farà riferimento alle previsioni relative alla scadenza temporale più lontana: l'epoca 1989.

- a. tronco Rivoli/Alpignano (tangenziale)-Avigliana/Grangia
- b. tronco Avigliana/Grangia-Susa;
- c. tronco Susa-Oulx;
- d. tronco Oulx-Bardonecchia;
- e. tronco Oulx-Monginevro;
- f. tronco Susa-Moncenisio.

Per i primi quattro tronchi, direttamente interessati dal traffico del traforo del Fréjus, verranno descritte, le diverse tipologie di strade, occorrenti per garantire i livelli di servizio D, C e B.

Per gli altri due tronchi, non direttamente interessati dal traffico del traforo del Fréjus, anche se in una qualche misura ne subiranno l'influenza, non appare necessario descrivere per ogni livello di servizio da D a B, le tipologie stradali corrispondenti; vengono,

comunque, indicati gli interventi che potranno contribuire a migliorare l'attuale livello di servizio.

Nel caso di tronchi in cui si abbia la coesistenza di più strade parallele, salvo casi particolari esplicitamente menzionati, nello stabilire le ripartizioni di traffico ed i tipi di intervento si è assegnato lo stesso livello di servizio a tutte le strade; ciò allo scopo di evitare travasi di traffico — da una ad un'altra strada —, determinati dalla maggiore attrazione dei livelli di servizio più elevati.

In conclusione, di ogni tronco:

- a. verranno definiti gli interventi occorrenti in funzione del livello di servizio che ci si propone di conseguire (e, come detto, si considereranno i livelli di servizio D, C e B);
- b. verranno sinteticamente esaminati i problemi idrogeologici connessi con gli interventi occorrenti;
- c. verrà elaborata una stima di massima dei costi (fondata su un giudizio professionale, suffragato da opere analoghe recentemente costruite in condizioni simili, oltre che da studi effettuati da altri operatori): la stima è in lire settembre 1977 e si intende comprensiva di costi diretti, imprevisti, spese generali ed Iva.

9.2. Tipologia degli interventi

Gli interventi individuati per le strade corrispondono alle tipologie previste dalle Norme italiane (1), le quali, come appare chiaramente in tabella 9.1, fissano, in funzione dell'estremo superiore dell'intervallo delle velocità di progetto (2) (intervallo entro cui

1. "Norme sulle caratteristiche geometriche delle strade", in *Bollettino ufficiale del Cnr*, anno VII, pt. IV, n. 31, 28 marzo 1973, pagg. 1-76.

2. Le Norme italiane di progettazione stradale prevedono i seguenti intervalli di velocità di progetto:

$< v_{\max} \leq 40 \text{ km/h};$	$70 < v_{\max} \leq 100 \text{ km/h};$
$40 < v_{\max} \leq 60 \text{ km/h};$	$90 < v_{\max} \leq 120 \text{ km/h};$
$60 < v_{\max} \leq 80 \text{ km/h};$	$100 < v_{\max} \leq 140 \text{ km/h}.$
$80 < v_{\max} \leq 100 \text{ km/h};$	

Ciascuno di detti intervalli può essere adottato per progettare le caratteristiche geometriche di una strada (a partire dal volume di traffico).

sono comprese le velocità massime che i veicoli possono mantenere con sicurezza), la larghezza della corsia, della banchina e del franco centrale (3) per le strade a carreggiata unica.

Tab. 9.1 – Larghezza della corsia, della banchina e del franco centrale in funzione dell'estremo superiore dell'intervallo delle velocità di progetto

<i>Intervallo delle velocità di progetto (km/h)</i>	<i>Larghezza</i>		
	<i>Corsia</i>	<i>Banchina (m)</i>	<i>Franco centrale</i>
$v_{\max} \leq 40$	2,75	0,50÷0,75	0,00
$40 < v_{\max} \leq 60$	3,00	1,00	0,00
$60 < v_{\max} \leq 80$	3,25	1,25	0,50
$80 < v_{\max} \leq 100$	3,50	1,50÷1,75	0,50
$v_{\max} > 100$	3,75	3,00	carreggiate separate

Impiegando i valori di larghezza di corsia, di banchina e di franco centrale così definiti, le stesse Norme individuano, per ciascuno degli intervalli di velocità di progetto, i tipi di sezione riportati qui di seguito.

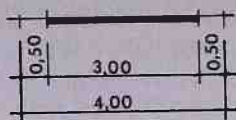
Strada A1

Velocità di progetto: $v \leq 40$ km/h.

Ha una carreggiata unica larga 3,00 m, fiancheggiata da due banchine da 0,50 m ciascuna.

Viene utilizzata a senso unico alternato.

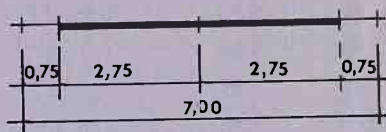
3. Per franco centrale si intende l'area che separa le corsie con opposto senso di marcia: su alcune strade, esso viene individuato come una striscia di separazione fra corsie adiacenti, delimitata da due linee dipinte sulla pavimentazione; su altre strade, invece, esso viene ripartito in ugual misura fra corsie adiacenti.



Strada A2

Velocità di progetto: $v \leq 40$ km/h.

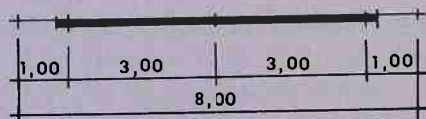
Ha una carreggiata unica larga 5,50 m, costituita da due corsie da 2,75 m ciascuna e fiancheggiata da due banchine da 0,75 m ciascuna.



Strada B

Velocità di progetto: $40 < v \leq 60$ km/h.

Ha una carreggiata unica larga 6,00 m, costituita da due corsie da 3,00 m ciascuna e fiancheggiata da due banchine da 1,00 m ciascuna (4).



Strada C

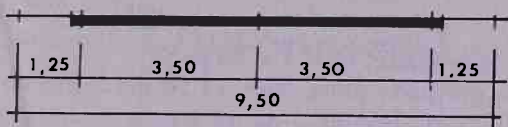
Velocità di progetto: $60 < v \leq 80$ km/h.

Ha una carreggiata unica larga 7,00 m, costituita da due corsie da 3,50 m ciascuna e fiancheggiata da due banchine da 1,25 m ciascuna.

La larghezza delle corsie — che, in corrispondenza dell'intervallo

4. Il grafico, che nel testo segue, è immediatamente comprensibile, occorre solo notare che la linea spessa indica la parte della strada che è portante; come si vede, anche una aliquota delle banchine laterali è portante.

delle velocità di progetto considerato dovrebbe essere di 3,25 m (cfr.: tabella 9.1) —, è stata portata a 3,50 m, per tenere conto del franco centrale di 0,50 m ripartito in misura uguale fra le due corsie.

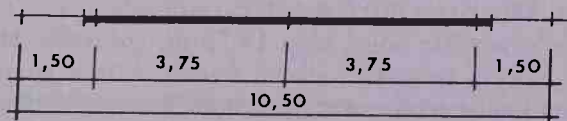


Strada D1

Velocità di progetto: $80 < v \leq 100$ km/h.

Ha una carreggiata unica larga 7,50 m, costituita da due corsie da 3,75 m ciascuna e fiancheggiata da due banchine da 1,50 m ciascuna.

La larghezza delle corsie — che, in corrispondenza dell'intervallo delle velocità di progetto considerato, dovrebbe essere di 3,50 m (cfr.: tabella 9.1) —, è stata portata a 3,75 m, per tenere conto del franco centrale di 0,50 m ripartito in misura uguale tra le due corsie.

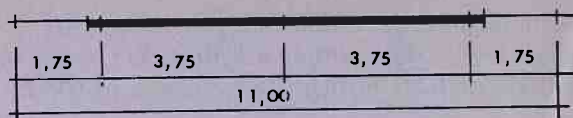


Strada D2

Velocità di progetto: $80 < v \leq 100$ km/h.

Ha una carreggiata unica larga 7,50 m, costituita da due corsie da 3,75 m ciascuna e fiancheggiata da due banchine da 1,75 m ciascuna.

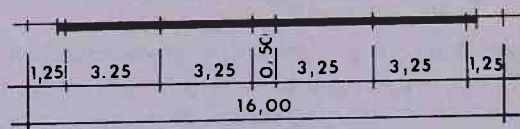
La larghezza delle corsie — che, in corrispondenza dell'intervallo delle velocità di progetto considerato, dovrebbe essere di 3,50 m (cfr.: tabella 9.1) —, è stata portata a 3,75 m, per tenere conto del franco centrale di 0,50 m ripartito in misura uguale tra le due corsie.



Strada E1

Velocità di progetto: $60 < v \leq 80$ km/h.

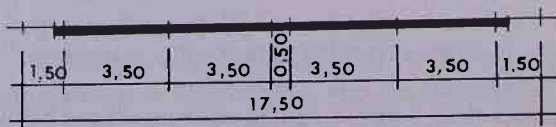
Ha una carreggiata unica larga 13,50 m, costituita da quattro corsie da 3,25 m ciascuna e da un franco centrale largo 0,50 m (che separa le due corsie centrali, di opposto senso di marcia, ed è individuato come una striscia delimitata da due linee dipinte sulla pavimentazione); la carreggiata è fiancheggiata da due banchine da 1,25 m ciascuna.



Strada E2

Velocità di progetto: $70 < v \leq 100$ km/h (5).

Ha una carreggiata unica larga 14,50 m, costituita da quattro corsie da 3,50 m ciascuna e da un franco centrale largo 0,50 m (che separa le due corsie centrali, di opposto senso di marcia, ed è individuato come una striscia delimitata da due linee dipinte sulla pavimentazione); la carreggiata è fiancheggiata da due banchine da 1,50 m ciascuna.



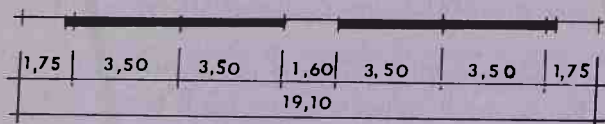
5. Come si può immediatamente verificare, l'intervallo della velocità di progetto qui considerato non è rintracciabile nella tabella 9.1. Ciò, però, non è fonte di alcun problema se si rammenta che ciò che conta, nella tabella 9.1, non è l'intervallo della velocità di progetto ma l'estremo superiore di tale intervallo.

Strada F₁

Velocità di progetto: $80 < v \leq 100$ km/h.

Ha due carreggiate, larghe 7,00 m ciascuna, separate da uno spartitraffico da 1,60 m; ciascuna carreggiata è costituita da due corsie larghe 3,50 m ciascuna ed è fiancheggiata, sulla destra, da una banchina larga 1,75 m.

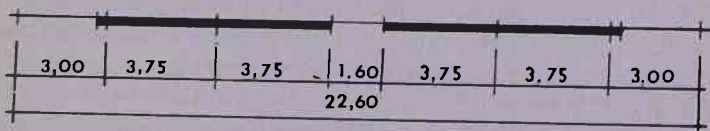
Ciascuna carreggiata può anche essere costituita da tre corsie, larghe sempre 3,50 m ciascuna.

Strada F₂

Velocità di progetto: $90 < v \leq 120$ km/h (5).

Ha due carreggiate, larghe 7,50 m ciascuna, separate da uno spartitraffico da 1,60 m; ciascuna carreggiata è costituita da due corsie larghe 3,75 m ciascuna ed è fiancheggiata, sulla destra, da una banchina larga 3,00 m.

Ciascuna carreggiata può anche essere costituita da tre corsie, di cui quella adiacente alla banchina larga 3,50 m e le altre due larghe 3,75 m ciascuna.

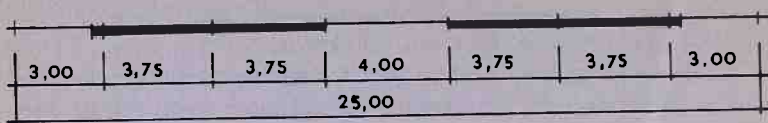


Strada G

Velocità di progetto: $100 < v \leq 140$ km/h (5).

Ha due carreggiate, larghe 7,50 m ciascuna, separate da uno spartitraffico di 4,00 m; ciascuna carreggiata è costituita da due corsie larghe 3,75 m ciascuna ed è fiancheggiata, sulla destra, da una banchina larga 3,00 m.

Ciascuna carreggiata può anche essere costituita da tre corsie, di cui quella adiacente alla banchina larga 3,50 m e le altre due larghe 3,75 m ciascuna.



9.3. Gli interventi: tipo, tracciato, problemi idrogeologici, costo

9.3.1. *Tronco Rivoli/Alpignano (tangenziale)-Avigliana/Grangia*

Le previsioni di traffico, elaborate per questo tronco del canale stradale, forniscono il seguente valore per il tgm: 38.687 veicoli, con una aliquota di traffico pesante pari al 6 per cento. Essendo, questo, il valore globale per l'intero canale stradale ed essendo, in questo caso, il canale stradale costituito dalle due strade statali n 24 e n 25, si è proceduto alla ripartizione dell'indicato valore, come per altro già fatto in 7.2.1, in modo proporzionale ai tgm che attualmente competono alle due strade. Ne è risultato che alla strada statale n 24 competerà un tgm di 12.670 veicoli, con una aliquota di traffico pesante pari al 6 per cento e con una punta normale di traffico, considerando la percentuale del 22 per cento, di 2.750 veicoli/h; mentre alla strada statale n 25 competerà un tgm di 26.017 veicoli, con una aliquota di traffico pesante pari al 6 per cento, e con una punta normale di traffico, considerando la percentuale del 15 per cento, di 3.825 veicoli/h (come si ricava immediatamene, la punta normale globale, per l'intero canale stradale, è di 6.575 veicoli/h).

Posto quanto precede, in questo tronco risulta impossibile procedere ad interventi di ampliamento delle attuali sedi stradali che siano tali da garantire un livello di servizio accettabile (6); pertan-

6. Infatti, dai rilievi aerofotogrammetrici e dai sopralluoghi compiuti, non pare possibile, in questo tronco, seguire, in alcuna misura, il tracciato, allargandone la sede, della strada statale n 25, poiché il suo tracciato corre in area sempre altamente urbanizzata. L'unico tracciato - che permetterebbe, in qualche misura, l'uso dell'esistente - sarebbe il seguente: proseguimento dell'odierna bretella della tangenziale con scavalco della ferrovia Torino-Modane e della strada statale n 25 prima della zona industriale di Rosta (in comune di Rivoli); passaggio con ponte della Dora Riparia ed innesto sul tracciato della strada statale n 24 in prossimità della pro-

to, appare necessario introdurre una nuova strada in aggiunta alle strade statali n 24 e n 25.

Qui di seguito verranno indicate le caratteristiche che, secondo il livello di servizio assunto come riferimento, dovranno essere possedute dal sistema di comunicazioni stradale e, in particolare, dalla nuova strada.

a. Livello di servizio D

Per assicurare un livello di servizio D, occorre dimensionare la nuova strada con riferimento ad una punta oraria di traffico di 4.175 veicoli/h, con una aliquota di traffico pesante pari al 6 per cento, lasciando così alle strade statali n 24 e n 25 delle punte normali di traffico rispettivamente, di 900 veicoli/h e di 1.500 veicoli/h, le quali consentiranno alle stesse, senza interventi di ampliamento, di lavorare, anch'esse, ad un livello di servizio D.

Posto ciò, la nuova strada dovrà avere le seguenti caratteristiche:

- velocità di progetto: 100 km/h;
- carreggiata unica larga 14,50 m, costituita da quattro corsie da 3,50 m ciascuna e da un franco centrale largo 0,50 m (che separa le due corsie centrali, di opposto senso di marcia, ed è individuato come una striscia delimitata da due linee dipinte sulla pavimentazione); la carreggiata è fiancheggiata da due banchine da 1,50 m ciascuna.

Una strada siffatta, le cui caratteristiche sono quelle di una strada di tipo E2, può sopportare – al livello di servizio D – da 3.570 a 6.070 veicoli/h, con una aliquota di traffico pesante pari al 6 per cento.

gressiva 21,500 km da Torino, a monte dell'abitato di Caselette; proseguimento sulla strada statale n 24, ammodernata e rettificata fino alla progressiva 23,000 km; quindi, variante in nuova sede fino alla progressiva 27,000 km, per aggirare l'abitato di Grangia. Naturalmente, nel caso configurato, il breve tratto della strada statale n 24 – ipotizzando di lasciare alla strada statale n 25 una punta normale di traffico di 1.200 veicoli/h, che le consenta, senza interventi di ampliamento, di lavorare ad un livello di servizio C – dovrebbe essere ampliato in modo da poter sopportare una punta normale di traffico di 5.375 veicoli/h, con una aliquota di traffico pesante pari al 6 per cento.

Un tracciato possibile (vedi disegno 2) è quello che si stacca dallo svincolo della tangenziale, per proseguire — dopo aver superato la ferrovia, la strada statale n 25 e la Dora Riparia — in riva sinistra, fino a superare il collegamento stradale tra Avigliana e Grangia.

Il tracciato indicato si sviluppa interamente entro le alluvioni di fondo valle, per cui il solo tipo di dissesto ipotizzabile è quello del verificarsi di eventi alluvionali che, come detto in 2, hanno interessato, con una certa frequenza, la bassa valle di Susa (l'ultimo evento alluvionale di carattere eccezionale risale al 1957). I problemi, che ne discendono, sono quindi di natura sostanzialmente costruttiva, concernendo le caratteristiche delle fondazioni di opere quali ponti e viadotti.

Il costo della strada, lunga 9,5 km e la cui esecuzione comporta la costruzione di infrastrutture speciali per il superamento della linea ferroviaria, della strada statale n 25, della Dora Riparia e di altri affluenti che si incontrano lungo il tracciato, si stima in 21.800 milioni di lire.

b. Livello di servizio C

Per assicurare un livello di servizio C, occorre dimensionare la nuova strada con riferimento ad una punta oraria di traffico di 4.775 veicoli/h, con una aliquota di traffico pesante pari al 6 per cento, lasciando così alle strade statali n 24 e n 25 delle punte normali di traffico, rispettivamente, di 600 veicoli/h e di 1200 veicoli/h, le quali consentiranno alle stesse, senza interventi di ampliamento, di lavorare, anch'esse, ad un livello di servizio C.

Posto ciò, la nuova strada dovrà avere le seguenti caratteristiche:

- velocità di progetto: 120 km/h;
- due carreggiate, larghe 7,50 m ciascuna, separate da uno spartitraffico da 1,60 m; ciascuna carreggiata è costituita da due corsie larghe 3,75 m ciascuna ed è fiancheggiata, sulla destra, da una banchina larga 3,00 m.

Una strada siffatta, le cui caratteristiche sono quelle di una strada di tipo F2, può sopportare — al livello di servizio C — da

3.760 a 5.130 (7) veicoli/h, con una aliquota di traffico pesante pari al 6 per cento.

Per quanto riguarda il tracciato possibile (vedi disegno 2), si rinvia a quanto già scritto con riferimento al livello di servizio D.

Il costo della strada, lunga 9,5 km e la cui esecuzione comporta la costruzione di infrastrutture speciali analoghe a quelle descritte con riferimento al livello di servizio D, si stima in 25.900 milioni di lire.

c. Livello di servizio B

Per assicurare un livello di servizio B, occorre dimensionare la nuova strada con riferimento ad una punta oraria di traffico di 5.375 veicoli/h, con una aliquota di traffico pesante pari al 6 per cento, lasciando così alle strade statali n 24 e n 25 delle punte normali di traffico rispettivamente, di 400 veicoli/h e di 800 veicoli/h, le quali consentiranno alle stesse, senza interventi di ampliamento, di lavorare, anch'esse, ad un livello di servizio B (8).

Posto ciò, la nuova strada dovrà avere le seguenti caratteristiche:

- velocità di progetto: $120 \div 140$ km/h;
- due carreggiate, larghe 11,00 m ciascuna, separate da uno spartitraffico da 4,00 m, ciascuna carreggiata è fiancheggiata, sulla destra, da una banchina larga 3,00 m ed è costituita da 3 corsie, di cui quella adiacente alla banchina larga 3,50 m e le altre due larghe 3,75 m ciascuna;
- piazzuole di sosta ogni 300 m.

Una strada siffatta, le cui caratteristiche sono quelle di una

7. Per il calcolo di questo livello di servizio, trattandosi di una strada a scorrimento veloce che serve direttamente un'area con una popolazione addensata superiore ad un milione di unità, è stato assunto un fattore dell'ora di punta pari a 0,91.

8. In realtà, la strada statale n 24, date le sue caratteristiche geometriche, non consentirebbe un livello di servizio B; tuttavia, al fine di evitare un sottodimensionamento della nuova strada che dovrà assicurare il livello di servizio B, si è assegnata alla strada statale n 24 una punta normale di traffico di solo 400 veicoli/h (dovendosi tenere conto del travaso, sulla nuova strada, di traffico richiamato dal più elevato livello di servizio).

strada di tipo G, può sopportare — al livello di servizio B — da 4.380 a 6.350 veicoli/h, con una aliquota di traffico pesante pari al 6 per cento.

Per quanto riguarda il tracciato possibile (vedi disegno 3), si rinvia a quanto già scritto con riferimento al livello di servizio D.

Il costo della strada, lunga 9,5 km e la cui esecuzione comporta la costruzione di infrastrutture speciali analoghe a quelle descritte con riferimento al livello di servizio D, si stima in 30.500 milioni di lire.

9.3.2. *Tronco Avigliana/Grangia-Susa*

Le previsioni di traffico, elaborate per questo tronco del canale stradale, forniscono il seguente valore per il tgm; 28.775 veicoli, con una aliquota di traffico pesante pari al 7 per cento. Essendo, questo, il valore globale per l'intero canale stradale ed essendo, anche in questo caso, il canale stradale costituito dalle due strade statali n 24 e n 25, si è proceduto alla ripartizione dell'indicato valore, come per altro già fatto in 7.2.1, in modo proporzionale ai tgm che attualmente competono alle due strade e che, si deve aggiungere, variano, lungo il tronco, nelle diverse tratte. Ne è risultato che alla strada statale n 24 competerà un tgm variabile, lungo il tronco, da 9.590 a 17.100 veicoli, con una aliquota di traffico pesante pari al 7 per cento e con una punta normale di traffico, considerando la percentuale del 18 per cento, variabile da 1.725 a 2.950 veicoli/h; mentre alla strada statale n 25 competerà un tgm variabile, lungo il tronco, da 19.185 a 11.675 veicoli, con una aliquota di traffico pesante pari al 7 per cento e con una punta normale di traffico, considerando la percentuale del 15 per cento, variabile da 2.880 a 1.655 veicoli/h (come si ricava immediatamente, la punta normale globale, per l'intero canale stradale, è di 4.605 veicoli/h).

Posto quanto precede, in questo tronco appare possibile, relativamente ai livelli di servizio D e C, limitarsi, per alcuni tratti, ad interventi di ampliamento delle attuali sedi stradali (tali interventi di ampliamento, come si vedrà in seguito, comportano l'inevitabile realizzazione di diverse varianti di tracciato, al fine di aggirare le

numerose ed estese aree urbanizzate che si incontrano lungo questo tronco) invece, se si fa riferimento al livello di servizio B, appare necessario introdurre una strada interamente nuova.

Qui di seguito verranno indicate le caratteristiche che, secondo il livello di servizio assunto come riferimento, dovranno essere possedute dal sistema di comunicazioni stradale ed in particolare, quando viene completata, dalla nuova strada.

a. Livello di servizio D

Per assicurare un livello di servizio D, occorre dimensionare la strada statale di cui si opera l'ampliamento e, ove occorre, la nuova strada con riferimento ad una punta oraria di traffico di 3.705 veicoli/h, con una aliquota di traffico pesante pari al 7 per cento, lasciando così all'altra strada statale una punta normale di traffico di 900 veicoli/h (9), la quale le consentirà, senza interventi di ampliamento, di lavorare, anch'essa, ad un livello di servizio D.

Posto ciò, la nuova strada (che si otterrà utilizzando, anche, segmenti di strade esistenti) dovrà avere le seguenti caratteristiche:

- velocità di progetto: 80 km/h;
- carreggiata unica larga 13,50 m, costituita da quattro corsie da 3,25 m ciascuna e da un franco centrale largo 0,50 m (che separa le due corsie centrali, di opposto senso di marcia, ed è individuato come una striscia delimitata da due linee dipinte sulla pavimentazione); la carreggiata è fiancheggiata da due banchine da 1,25 m ciascuna.

Una strada siffatta, le cui caratteristiche sono quelle di una strada di tipo E1, può sopportare — al livello di servizio D — da 1.730 a 4.850 veicoli/h con una aliquota di traffico pesante pari al 7 per cento.

9. In questo caso, si è considerata la punta normale di traffico di 900 veicoli/h (la quale consente alla strada statale n 24 di lavorare ad un livello di servizio D) anche per la strada statale n 25, la quale può invece arrivare, sempre lavorando ad un livello di servizio D, ad una punta normale di traffico di 1.200 veicoli/h; ciò, cautelativamente, per avere la possibilità di usufruire, in sede di uso dell'esistente, di tratti sia della strada statale n 24 sia della strada statale n 25.

Come tracciati possibili si indicano i seguenti due (vedi disegno 2):

- a. partendo da dopo il collegamento stradale tra Avigliana e Grangia, si procede lungo la strada statale n 24 (la quale va allargata ed ammodernata), dalla progressiva 27,000 km alla progressiva 52,000 km, per poi passare, all'altezza della località Traduerivi, situata a valle dell'abitato di Susa, con un nuovo tracciato, in riva sinistra e correre parallelamente, ed a monte, rispetto alla strada statale n 25, fino a superare San Giuliano. In questo tronco, sono necessarie le seguenti varianti e rettifiche di tracciato, per il superamento degli abitati di Condove, di San Valeriano, di Borgone (collegamento tra i tratti inferiore e superiore della strada statale n 24, oggi interrotto, ed aggiramento a valle dell'abitato), di San Giorio e di Bussoleno:
 - rettifica del tracciato dalla progressiva 27,000 km alla progressiva 29,000 km, in corrispondenza dell'abitato di Torre del Colle e del bivio per Sant'Ambrogio;
 - variante di Condove, dalla progressiva 36,600 km alla progressiva 33,300 km, in nuova sede verso la Dora Riparia;
 - variante di San Valeriano, dalla progressiva 36,250 km alla progressiva 37,500 km, in nuova sede verso la Dora Riparia;
 - variante dalla progressiva 38,200 km alla progressiva 40,300 km, in nuova sede su viadotto scavalcante la ferrovia Torino-Modane, la Dora Riparia e la strada statale n 25, per congiungere i due rami dell'esistente strada statale n 24;
 - variante dalla progressiva 41,700 km alla progressiva 45,900 km, in nuova sede verso la Dora Riparia, per l'aggiramento dell'abitato di San Giorio e della morena laterale su cui il detto abitato insiste;
 - variante dalla progressiva 45,900 km alla progressiva 50,000 km, in nuova sede, per il superamento dell'abitato di Bussoleno e delle strettoie, oggi esistenti, nella zona di Coldimosso.

Come dettagliato in 4.2.1, la strada statale n 24 si sviluppa, principalmente, entro le alluvioni di fondovalle e, marginalmente, nel fronte di vari conoidi. Le varianti, introdotte in questo tracciato, riducono ulteriormente il tratto impostato su conoidi, evitando i conoidi di Condove e di Villar Focchiardo: si riduco-

no così le possibilità di dissesti, causati da instabilità dei pendii (mentre, tutto al più, si accentua il rischio che il nuovo tracciato venga interessato da eventi alluvionali legati a esondazioni della Dora Riparia). La rettifica del tracciato in corrispondenza di Torre del Colle comporta il passaggio attraverso uno sperone di prasimiti e anfiboliti, i quali non dovrebbero creare alcun problema costruttivo o di instabilità;

- b. partendo da dopo il collegamento stradale tra Avigliana e Grangia (nel comune di Almesse), si procede, per un breve tratto, in riva sinistra, per poi passare in riva destra fino all'altezza di Condove, ove si ripassa in riva sinistra e ci si innesta sull'attuale tracciato della strada statale n 24 fino a poco prima di San Valeriano; si torna poi, su nuova sede, in riva destra fino a superare Borgone, per poi ripassare in riva sinistra sull'attuale tracciato della strada statale n 25 fino a poco prima di Vernetto, ove, in nuova sede, si ritorna in riva destra per superare la conurbazione di Bussoleno; da qui, si procede in riva sinistra, su nuova sede, correndo parallelamente, ed a monte, rispetto alla strada statale n 25 fino a superare San Giuliano.

Alcuni problemi di stabilità dei pendii verranno incontrati nell'attraversamento dei conoidi di Prapontin e di Foresto, entrambi caratterizzati da vistosi dissesti, i quali verrebbero accentuati dall'impostazione di una nuova sede stradale. A parte queste due zone, il tracciato si mantiene entro le alluvioni di fondovalle, in una posizione più eccentrica rispetto alla Dora Riparia di quella del tracciato trattato precedentemente: è, quindi, meno esposto ai rischi di esondazioni.

Il costo della strada, lunga 27,5 km, è mediamente uguale per i due tracciati a. e b., comportando — la sua esecuzione — la costruzione di infrastrutture speciali pressoché analoghe e l'uso, nel tracciato a., di circa il 40 per cento di strada esistente ma con oneri di ampliamento che, per la minore larghezza della carreggiata attuale e per la morfologia più tormentata, risultano maggiori di quelli richiesti dal tracciato b., nel quale l'uso di strada esistente riguarda il 25 per cento. Tale costo si stima in 54.300 milioni di lire.

b. Livello di servizio C

Per assicurare un livello di servizio C, occorre dimensionare la strada statale di cui si opera l'ampliamento e, ove occorre, la nuova strada con riferimento ad una punta oraria di traffico di 4.005 veicoli/h, con una aliquota di traffico pesante pari al 7 per cento, lasciando così all'altra strada statale una punta normale di traffico di 600 veicoli/h (10), la quale le consentirà, senza interventi di ampliamento, di lavorare, anch'essa, ad un livello di servizio C.

Posto ciò, la nuova strada (che si otterrà utilizzando, anche, segmenti di strade esistenti) dovrà avere le seguenti caratteristiche:

- velocità di progetto: 120 km/h;
- due carreggiate, larghe 7,50 m ciascuna, separate da uno spartitraffico da 1,60 m; ciascuna carreggiata è costituita da due corsie larghe 3,75 m ciascuna ed è fiancheggiata, sulla destra, da una banchina larga 3,00 m.

Una strada siffatta, le cui caratteristiche sono quelle di una strada di tipo F2, può sopportare — al livello di servizio C — da 3.450 a 4.295 (11) veicoli/h, con una aliquota di traffico pesante pari al 7 per cento.

Per quanto riguarda i tracciati possibili (vedi disegno 2), si rinvia a quanto già scritto con riferimento al livello di servizio D.

Il costo della strada, lunga 27,5 km, per quanto già scritto con riferimento al livello di servizio D, è mediamente uguale per i due tracciati a. e b. e si stima in 72.400 milioni di lire.

10. In questo caso si è considerata la punta normale di traffico di 600 veicoli/h (la quale consente alla strada statale n 24 di lavorare ad un livello di servizio C) anche per la strada statale n 25, la quale può invece arrivare, sempre lavorando ad un livello di servizio C, ad una punta normale di traffico di 1.000 veicoli/h; ciò, cautelativamente, per avere la possibilità di usufruire, in sede di uso dell'esistente, di tratti sia della strada statale n 24 sia della strada statale n 25.

11. Per il calcolo di questo livello di servizio, trattandosi di una strada a scorrimento veloce che serve direttamente un'area con una popolazione addensata inferiore a 0,5 milioni di unità, è stato assunto un fattore dell'ora di punta pari a 0,77.

c. Livello di servizio B

Per assicurare un livello di servizio B, occorre dimensionare la nuova strada con riferimento ad una punta oraria di traffico di 3.705 veicoli/h, con una aliquota di traffico pesante pari al 7 per cento, lasciando così alle strade statali n 24 e n 25 delle punte normali di traffico, rispettivamente, di 400 veicoli/h e di 500 veicoli/h, le quali consentiranno alle stesse, senza interventi di ampliamento, di lavorare, anch'esse, ad un livello di servizio B (8).

Posto ciò, la nuova strada dovrà avere le seguenti caratteristiche:

- velocità di progetto: $120 \div 140$ km/h;
- due carreggiate, larghe 7,50 m ciascuna, separate da uno spartitraffico da 4,00 m; ciascuna carreggiata è costituita da due corsie larghe 3,75 m ciascuna ed è fiancheggiata, sulla destra, da una banchina larga 3,00 m.

Una strada siffatta, le cui caratteristiche sono quelle di una strada di tipo G, può sopportare — al livello di servizio B — da 2.600 a 3.750 veicoli/h, con una aliquota di traffico pesante pari al 7 per cento.

Un tracciato possibile (vedi disegno 3) è quello che, partendo da dopo il collegamento stradale tra Avigliana e Grangia (nel comune di Almes), procede, per un breve tratto, in riva sinistra, per passare in riva destra fino all'altezza di Condove, per poi tornare in riva sinistra tra la strada statale n 24 ed il fiume; all'altezza di San Valeriano, il tracciato ritorna, per un breve tratto, in riva destra fino a superare Borgone, per poi ripassare in riva sinistra fino all'altezza di Vernetto; il tracciato supera la conurbazione di Bussoleto in riva destra per poi riportarsi in riva sinistra parallelamente, ed a monte, rispetto alla strada statale n 25 fino a superare San Giuliano.

Per quanto concerne i problemi idrogeologici, valgono per questo tracciato le considerazioni già esposte per il tracciato b. proposto con riferimento al livello di servizio D.

Il costo della strada, lunga 27,5 km e la cui esecuzione comporta la costruzione di una ventina di infrastrutture speciali, costituite da viadotti e ponti, per il superamento della linea ferroviaria, delle strade, della Dora Riparia, si stima in 81.200 milioni di lire.

9.3.3. *Tronco Susa-Oulx*

Le previsioni di traffico, elaborate per questo tronco del canale stradale, forniscono il seguente valore per il tgm: 11.951 veicoli, con una aliquota di traffico pesante pari al 10 per cento.

Essendo, il tronco in oggetto, percorso solo dalla strada statale n 24, la stessa dovrebbe sopportare una punta normale di traffico, considerando la percentuale del 15 per cento, di 1.785 veicoli/h.

Posto quanto precede, in questo tronco risulta impossibile procedere ad interventi di ampliamento dell'attuale sede della strada statale n 24 che siano tali da garantire livelli di servizio accettabili (12); pertanto, appare necessario introdurre una nuova strada, dimensionata, cautelativamente, in modo da poter sopportare, da sola, tutto il traffico, anche se è presumibile che una piccola aliquota di traffico, difficilmente quantificabile, e che comunque sarà costituita pressoché esclusivamente da traffico locale continuerà a percorrere la strada statale n 24.

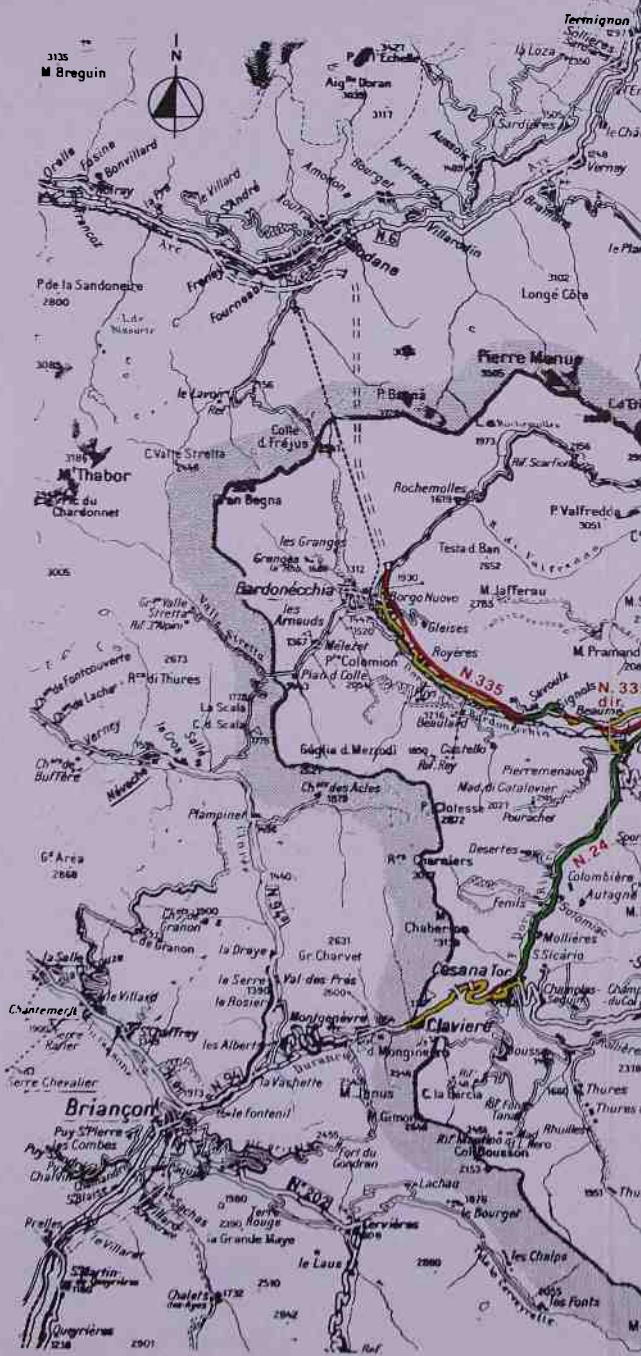
La nuova arteria, per assicurare un livello di servizio accettabile,

12. Fra l'altro, si è esaminata la possibilità di intervenire per dare alla strada le seguenti caratteristiche:

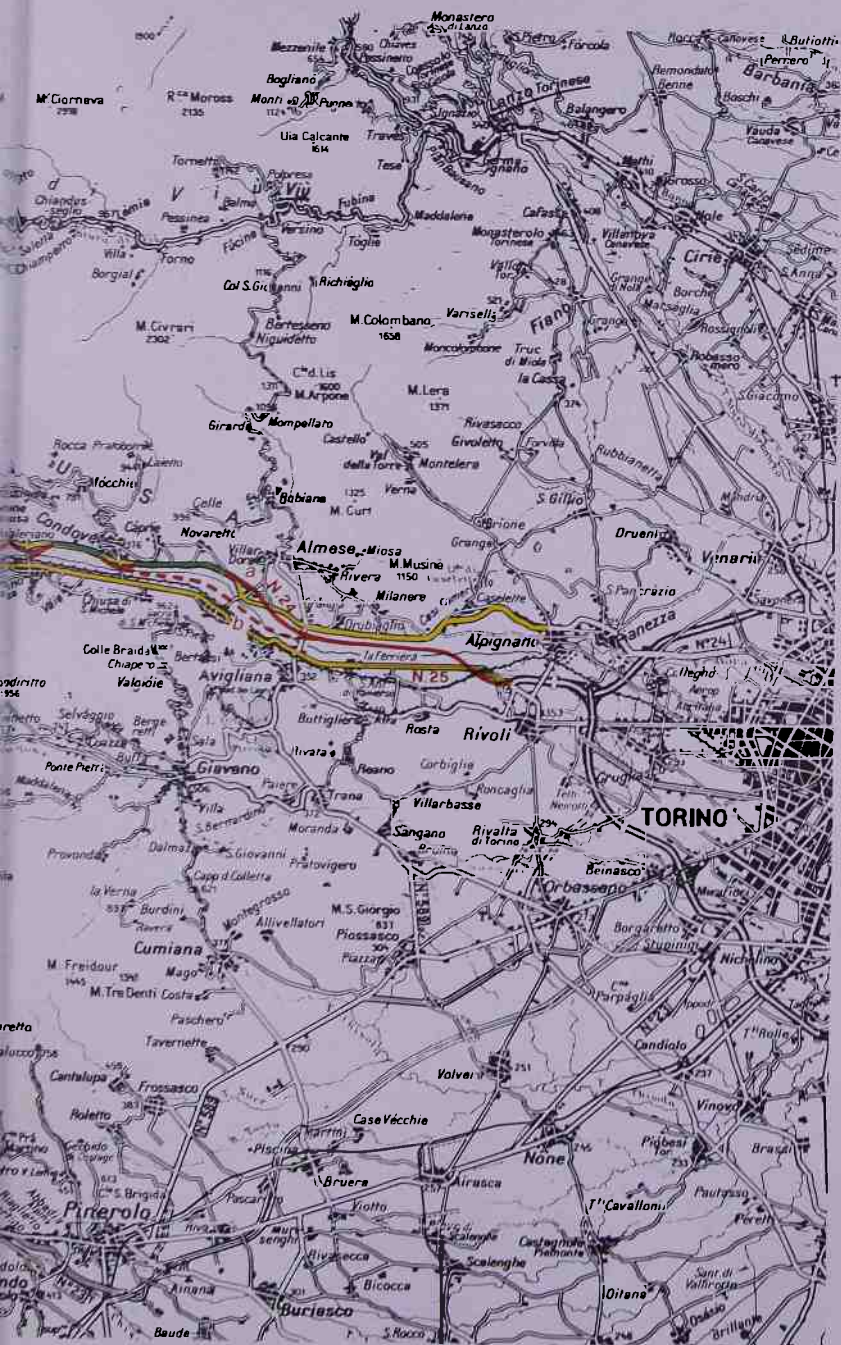
- velocità di progetto: 80 km/h;
- carreggiata unica larga 10,50 m, costituita da tre corsie, di cui due larghe 3,50 m ciascuna ed una, per la marcia in salita dei veicoli lenti, larga 3,00 m; la carreggiata è fiancheggiata da due banchine da 1,25 m ciascuna.

Il tracciato, già studiato dall'Anas, lascerebbe l'attuale sede stradale da Susa fino al km 57,000, per poi procedere con un ampliamento dell'attuale sede fino al km 57,500, da dove il tracciato si svilupperebbe in variante a mezza costa, lungo le pendici della Cresta Monte Morone con andamento pressoché parallelo a quello della linea ferroviaria; quindi, proseguirebbe in rilevato nella piana fra Graver e Chiomonte (dove si prevederebbe uno svincolo), lambirebbe in viadotto il limite nord dell'abitato di Chiomonte e terminerebbe in viadotto al km 64,200 per innestarsi sulla attuale strada statale; dal km 64,200 e fino alla località Deveys, si ampliirebbe e rettificerebbe l'attuale strada statale, il cui ponte sulla Dora è già stato realizzato per le tre corsie; l'attraversamento della frana di Serre la Voute potrebbe avvenire in galleria od in viadotto, secondo i risultati dei sondaggi geologici; poi, si proseguirebbe fino all'altezza di Pont Ventoux, con ampliamenti e rettifiche dell'attuale sede; l'attraversamento di Salbertrand avverrebbe in sede, con sfalsamento di livello dall'innesto della strada comunale per la stazione ferroviaria.

Il livello di servizio, che sarebbe offerto da una strada siffatta, con il traffico previsto, sarebbe F, nel tratto da Susa alla frazione Deveys, ed E, dalla frazione Deveys all'altezza della galleria di Pont Ventoux.










Disegno 2.

Tracciati possibili per assicurare in futuro un livello di servizio D o C

LEGENDA

 Interventi con nuovo tracciato

 Interventi sull'attuale tracciato

 Rete stradale attuale

a - con utilizzo di tratti di tracciato della SS n 24

b - con utilizzo di tratti di tracciato delle SS n 24 e n 25

0 2 4 6 8 10 Km

deve presentare la pendenza massima del 4 per cento (e ciò, solo, per tratti limitati) ed avere una corsia di arrampicamento nel caso la pendenza superasse il 4 per cento (non superando, comunque, il 5 per cento); ne consegue che le rampe di Gravere possono essere superate, soltanto, in riva sinistra: infatti, il tracciato in riva destra comporta pendenze superiori al 5 per cento (a meno di ricorrere all'introduzione di molte gallerie di notevole lunghezza).

Qui di seguito verranno indicate le caratteristiche che, secondo il livello di servizio assunto come riferimento, dovranno essere possedute dalla nuova strada.

a. Livello di servizio D

Per assicurare un livello di servizio D, la nuova strada dovrà avere le seguenti caratteristiche:

- velocità di progetto: 80 km/h;
- pendenza media del 3,50 per cento, pendenza massima per tratti limitati del 4 per cento (se la pendenza è superiore al 4 per cento — ma, comunque, non superiore al 5 per cento —, si prevede una corsia di arrampicamento di 3,00 m);
- carreggiata unica larga 13,50 m, costituita da 4 corsie da 3,25 m ciascuna e da un franco centrale largo 0,50 m (che separa le due corsie centrali, di opposto senso di marcia, ed è individuato come una striscia delimitata da due linee dipinte sulla pavimentazione); la carreggiata è fiancheggiata da due banchine da 1,25 m ciascuna.

Una strada siffatta, le cui caratteristiche sono quelle di una strada di tipo E1, può sopportare — al livello di servizio D — da 1.080 a 3.040 veicoli/h, con una aliquota di traffico pesante pari al 10 per cento.

Un tracciato possibile (vedi disegno 2) è quello che, partendo da dopo San Giuliano, si immette nella valle del torrente Cenischia e, con una serie di viadotti, arriva sotto i contrafforti di Giaglione, i quali sono superati con un percorso in galleria, per sbucare in riva sinistra della Dora Riparia, all'altezza di San Giuseppe; il tracciato,

poi, procede in riva sinistra, con una serie di viadotti, gallerie e tratti a mezza costa, per arrivare, superando Exilles a monte, all'altezza di Deveys; il superamento della frana di Serre la Voute può avvenire secondo due varianti, una in galleria e l'altra in viadotto (la quale ultima è condizionata da una conoscenza geologica più approfondita del movimento franoso); il superamento di Salbertrand ha luogo nella piana della Dora Riparia, donde si procede in riva sinistra fino all'altezza di Pont Ventoux, ove si porta in riva destra.

Il tracciato indicato si sviluppa, principalmente, in formazioni rocciose (gneiss e micascisti) e, subordinatamente, in morene, per entrare solo nella parte finale nelle alluvioni della conca di Oulx (13).

Il costo della strada, lunga 23,0 km e la cui esecuzione comporta la realizzazione di un tracciato, che per circa la metà si sviluppa a mezza costa, nonché la costruzione di ventisette infrastrutture speciali (come viadotti, ponti e sovrappassi) e di tre gallerie per complessivi 3.000 m, si stima in 148.200 milioni di lire.

b. Livello di servizio C

Per assicurare un livello di servizio C, la nuova strada dovrà avere le seguenti caratteristiche:

- velocità di progetto: $80 \div 100$ km/h;
- pendenza media del 3,50 per cento, pendenza massima per tratti limitati del 4 per cento (se la pendenza è superiore al 4 per cento — ma, comunque, non superiore al 5 per cento —, si prevede una corsia di arrampicamento di 3,50 m);
- due carreggiate, larghe 7,00 m ciascuna, separate da uno spartitraffico da 1,60 m; ciascuna carreggiata è costituita da due cor-

13. Occorrerà procedere al rilevamento dettagliato della struttura e della microstruttura delle formazioni metamorfiche (per evitare zone degradate od a franapoggio o con inserimento di materiale lubrificante); analogamente, occorrerà procedere alla accurata determinazione dell'angolo di riposo delle morene. Quanto ora enunciato permetterà la definizione definitiva del tracciato assicurando l'eliminazione di ogni rischio di dissesti.

sie larghe 3,50 m ciascuna ed è fiancheggiata, sulla destra, da una banchina larga 1,75 m.

Una strada siffatta, le cui caratteristiche sono quelle di una strada di tipo F1, può sopportare al livello di servizio C (11) — da 915 a 1.800 veicoli/h, con una aliquota di traffico pesante pari al 10 per cento.

Per quanto riguarda il tracciato possibile, si rinvia a quanto già scritto con riferimento al livello di servizio D.

Il costo della strada, lunga 23,0 km e la cui esecuzione pone problemi e comporta la costruzione di infrastrutture speciali analoghi a quelli descritti con riferimento al livello di servizio D, si stima in 163.900 milioni di lire.

c. Livello di servizio B

Per assicurare un livello di servizio B, la nuova strada dovrà avere le seguenti caratteristiche:

- velocità di progetto: $100 \div 120$ km/h;
- pendenza media del 3,50 per cento, pendenza massima per tratti limitati del 4 per cento (se la pendenza è superiore al 4 per cento — ma, comunque, non superiore al 5 per cento —, si prevede una corsia di arrampicamento di 3,50 m);
- due carreggiate, larghe 7,50 m ciascuna, separate da uno spartitraffico da 1,60 m; ciascuna carreggiata è costituita da due corsie larghe 3,75 m ciascuna ed è fiancheggiata, sulla destra, da una banchina larga 3,00 m.

Una strada siffatta, le cui caratteristiche sono quelle di una strada di tipo F2, può sopportare — al livello di servizio B — fino a 2.310 veicoli/h (14), con una aliquota di traffico pesante pari al 10 per cento.

Per quanto riguarda il tracciato possibile, si rinvia a quanto già scritto con riferimento al livello di servizio D.

14. Per questa strada, si indica solo il limite superiore del livello di servizio B, in

Il costo della strada, lunga 23,0 km e la cui esecuzione pone problemi e comporta la costruzione di infrastrutture speciali analoghi a quelli descritti con riferimento al livello di servizio D, si stima in 189.200 milioni di lire.

9.3.4. *Tronco Oulx-Bardonecchia*

Le previsioni di traffico, elaborate per questo tronco del canale stradale, forniscono il seguente valore per il tgm: 7.879 veicoli, con una aliquota di traffico pesante pari al 13 per cento.

Essendo, il tronco in oggetto, attualmente percorso dalla strada statale n 335 dir, dall'innesto con la strada statale n 24 all'innesto con la strada statale n 335, e dalla strada statale n 335, dall'innesto suddetto a Bardonecchia, le stesse due strade statali, dovrebbero sopportare un punta normale di traffico, considerando una percentuale del 16 per cento, di 1.260 veicoli/h.

Posto quanto precede, in questo tronco appare possibile, relativamente ai livelli di servizio D e C limitarsi, per alcuni tratti, ad interventi di ampliamento dell'attuale sede stradale; invece, se si fa riferimento al livello di servizio B, appare necessario introdurre una strada interamente nuova.

Qui di seguito verranno indicate le caratteristiche che, secondo il livello di servizio assunto come riferimento, dovranno essere possedute dalla comunicazione stradale.

a. Livello di servizio D

Per assicurare un livello di servizio D, la comunicazione stradale dovrà avere le seguenti caratteristiche:

- velocità di progetto: 80 km/h;
- carreggiata unica larga 13,50 m, costituita da quattro corsie da

quanto, data la velocità di progetto della strada, la velocità massima possibile richiesta per il livello di servizio A non è conseguibile lungo tutto il tronco, nemmeno per basse portate.

3,25 m ciascuna e da un franco centrale largo 0,50 m (che separa le due corsie centrali, di opposto senso di marcia, ed è individuato come una striscia delimitata da due linee dipinte sulla pavimentazione) la carreggiata è fiancheggiata da due banche da 1,25 m ciascuna.

Una strada siffatta, le cui caratteristiche sono quelle di una strada di tipo E1, può sopportare — al livello di servizio D — da 920 a 2.575 veicoli/h, con una aliquota di traffico pesante pari al 13 per cento.

Un tracciato possibile (vedi disegno 2) è quello che, partendo da dopo Pont Ventoux, procede in riva destra fino a superare il tratto di collegamento tra le strade statali n 335 dir e n 335, per poi portarsi in riva sinistra sull'attuale sede della strada statale n 335 fino a dopo Savoulx, operando in questo tratto una rettifica a monte per eliminare la tortuosità del tracciato prima dell'abitato di Signols; dopo Savoulx, il tracciato abbandona la sede della strada statale n 335, per portarsi in quota con nuovo tracciato a mezza costa, fino al piazzale del traforo.

Il tracciato indicato dopo un breve tratto iniziale in fondovalle, si mantiene entro un complesso di calcescisti e calcari a forte scistosità, con abbondanti coperture detritiche e moreniche (15).

Il costo della strada, lunga 11,5 km e la cui esecuzione comporta la realizzazione di un tracciato, che per circa la metà si sviluppa a mezza costa, nonché la costruzione di quattro infrastrutture speciali per l'attraversamento della linea ferroviaria, della strada statale n 24, della Dora Riparia, della strada statale n 335 e della Dora di Bardonecchia, permettendo l'uso, nel tracciato, di circa il 20 per cento di strada esistente, si stima in 29.000 milioni di lire.

15. Anche in questo caso, occorrerà procedere ad un dettagliato rilevamento strutturale e microstrutturale, per evitare le zone più dissestate.

b. Livello di servizio C

Per assicurare un livello di servizio C, la comunicazione stradale dovrà avere le seguenti caratteristiche:

- velocità di progetto: 100 km/h;
- carreggiata unica larga 14,50 m, costituita da quattro corsie da 3,50 m ciascuna e da un franco centrale largo 0,50 m (che separa le due corsie centrali, di opposto senso di marcia, ed è individuato come una striscia delimitata da due linee dipinte sulla pavimentazione); la carreggiata è fiancheggiata da due banchine da 1,50 m ciascuna.

Una strada siffatta, le cui caratteristiche sono quelle di una strada di tipo E2, può sopportare — al livello di servizio C — da 760 a 1.900 veicoli/h, con una aliquota di traffico pesante pari al 13 per cento.

Per quanto riguarda il tracciato possibile (vedi disegno 2) si rinvia a quanto già scritto con riferimento al livello di servizio D.

Il costo della strada, lunga 11,5 km e la cui esecuzione pone problemi e comporta la costruzione di infrastrutture speciali analoghi a quelli descritti con riferimento al livello di servizio D, si stima in 31.100 milioni di lire.

c. Livello di servizio B

Per assicurare un livello di servizio B, la nuova strada dovrà essere, cautelativamente, dimensionata per sopportare tutto il traffico, data l'impossibilità di adeguare le strade attuali con riferimento al livello di servizio B.

Posto ciò la nuova strada dovrà avere le seguenti caratteristiche:

- velocità di progetto: 100÷120 km/h;
- pendenza media del 2,50 per cento, pendenza massima per tratti limitati del 4 per cento;
- due carreggiate, larghe 7,00 m ciascuna, separate da uno spartitraffico da 1,60 m; ciascuna carreggiata è costituita da due corsie larghe 3,50 m ciascuna ed è fiancheggiata, sulla destra, da una banchina larga 1,75 m;
- piazzuole di sosta ogni 300 m.

Una strada siffatta, che ha le caratteristiche di una strada di tipo F1, può sopportare — al livello di servizio B — fino a 1.940 veicoli/h (14) con un 13 per cento di traffico pesante.

Un tracciato possibile (vedi disegno 3) è quello che, partendo da dopo Pont Ventoux procede in riva destra fino a poco prima di Signols; per poi portarsi in riva sinistra e, abbandonando il fondovalle dopo Savoulx, salire in quota e procedere a mezza costa fino al piazzale del traforo.

I problemi idrogeologici, che si pongono per questo tracciato, sono analoghi a quelli già enunciati con riferimento al tracciato corrispondente al livello di servizio D.

Il costo della strada, lunga 11,5 km e la cui esecuzione comporta la realizzazione di un tracciato, che per circa la metà si sviluppa a mezza costa, nonché la costruzione di cinque infrastrutture speciali per il superamento della linea ferroviaria, delle strade statali e di corsi d'acqua, si stima in 34.800 milioni di lire.

9.3.5. *Tronco Oulx-Monginevro*

Le previsioni di traffico, elaborate per questo tronco del canale stradale, forniscono i seguenti valori per il tgm:

- nel tratto Oulx-Cesana: 2.443 veicoli, con una aliquota di traffico pesante pari al 5 per cento;
- nel tratto Cesana-confine di Stato: 1.631 veicoli, con una aliquota di traffico pesante pari al 3 per cento.

Essendo, il tronco in oggetto, percorso solo dalla strada statale n. 24, il traffico previsto si riverserà tutto sulla medesima; considerando una percentuale del 15 per cento, la punta normale di traffico sarà nei due tronchi, rispettivamente, di 365 e 245 veicoli/h.

Dall'esame degli elementi in tabella 9.2, e dal loro confronto con gli elementi in tabella 7.4, emerge che l'apertura del traforo stradale del Fréjus indurrà, con la diminuzione del traffico pesante rispetto all'ipotesi della non apertura del traforo stradale del Fréjus, un notevole miglioramento delle condizioni di circolazione nel tratto da Cesana al confine di Stato (scendendosi ai livelli di

Tab. 9.2 - Tronco "Oulx-Monginevro". Previsioni di traffico anno 1989 - 2^a ipotesi

Tratta	Lun- ghezza	Capacità livello E	Tgm	Veicoli pesanti	Punta normale	Rapporto tra punta normale e capacità	Livello di servizio
	km	$\frac{\text{veicoli}}{h}$	$\frac{\text{veicoli}}{\text{giorno}}$	%	$\frac{\text{veicoli}}{h}$		
I	2	3	4	5	6	$7 = \frac{6}{3}$	8
Oulx-ponte sul Rio Nero	2,5	490	2.443	5	365	0,74	E
Ponte sul Rio Nero-inizio dell'abita- to di Cesana	7,0	605	2.443	5	365	0,60	E
Attraversamento dell'abitato di Cesana	1,0	315	2.443	5	365	1,15	F
Dopo Cesana-prima galleria	3,0	450	1.631	3	245	0,54	C
Prima galleria-confine di Stato	3,0	775	1.631	3	245	0,33	B

servizio C e B); non, invece, nel tratto da Oulx a Cesana (rimanendo sui livelli di servizio E ed F).

Posto quanto precede, essendo il tronco in oggetto non direttamente interessato dal traffico generato dal traforo stradale del Fréjus, per esso in questa sede ci si limiterà ad indicare gli interventi che permettano di migliorare, in qualche modo, il livello di servizio (portandolo se non proprio al livello C, comunque ad un livello non inferiore a D).

Al detto fine, occorre dar luogo ad un ampliamento della attuale strada, nel tratto da Oulx a Cesana, che sia tale da conferire alla stessa le caratteristiche di una strada di tipo D2; inoltre, occorre risolvere il problema dell'attraversamento dell'abitato di Cesana.

Il costo dell'indicato intervento può essere stimato in 13.000 milioni di lire.

9.3.6. *Tronco Susa-Moncenisio*

Le previsioni di traffico, elaborate per questo tronco del canale stradale, forniscono il seguente valore per il tgm: 1.820 veicoli (16) con una aliquota di traffico pesante pari al 14 per cento.

Essendo, il tronco in oggetto, percorso dalla sola strada statale n 25, il traffico previsto si riverserà tutto sulla medesima; considerando una percentuale del 15 per cento, la punta normale di traffico sarà di 275 veicoli/h.

Dall'esame degli elementi in tabella 9.3, e dal loro confronto con gli elementi in tabella 7.7¹⁶, emerge che l'apertura del traforo stradale del Fréjus indurrà una diminuzione del traffico pesante rispetto all'ipotesi della non apertura del traforo stradale del Fréjus, ma tale diminuzione non migliorerà le condizioni di circolazione in misura apprezzabile (rimanendosi sul livello di servizio F).

Posto quanto precede, essendo il tronco in oggetto non direttamente interessato dal traffico generato dal traforo stradale del Fréjus, per esso in questa sede ci si limiterà ad indicare gli interventi che permettono di migliorare, in qualche modo, il livello di

16. Questo valore rappresenta il traffico giornaliero medio nei sei mesi dell'anno in cui il valico del Moncenisio è aperto al traffico.

Tab. 9.3 - Tronco "Susa-Moncenisio". Previsioni di traffico anno 1989 - 2^a ipotesi

Tratta	Lun- ghezza	Capacità livello E	Tgm	Veicoli pesanti	Punta normale	Rapporto tra punta normale e capacità	Livello di servizio
	km	$\frac{\text{veicoli}}{h}$	$\frac{\text{veicoli}}{\text{giorno}}$	%	$\frac{\text{veicoli}}{h}$		
1	2	3	4	5	6	$7 = \frac{6}{3}$	8
Fine dell'abitato di Susa-inizio dell'abitato di							
Giaglione	1,0	285	1.820*	14	275	0,96	E
Inizio dell'abitato di Giaglione-contrada Gilli	5,0	110	1.820*	14	275	2,50	F
Contrada Gilli-Molaretto	3,5	205	1.820*	14	275	1,34	F
Rampe di Molaretto	1,0	126	1.820*	14	275	2,18	F
Fine delle rampe di Molaretto-confine di Stato	6,0	190	1.820*	14	275	1,44	F

*Questo valore rappresenta il tgm dei sei mesi in cui il valico è aperto.

servizio. Infatti, date le caratteristiche morfologiche della zona in cui si sviluppa il tracciato, non sono possibili interventi sull'attuale sede tali da assicurare, con il traffico previsto, un miglioramento del livello di servizio che possa dirsi sostanziale: gli unici interventi attuabili consistono in alcuni allargamenti della sede stradale, con particolare riferimento a quei tornanti che attualmente rendono pericolosi gli incroci fra grossi veicoli.

Il costo dell'indicato intervento può essere stimato in 7.000 milioni di lire.

9.3.7. *Per una analisi degli effetti, sulla tangenziale di Torino, derivanti dall'immissione del nuovo traffico*

Nel tratto della valle situato immediatamente a monte dell'attuale innesto della tangenziale, il traffico si ripartirà tra le strade statali n 24, n 25 e, ove si farà, l'eventuale nuova strada. Detto traffico ammonterà, nel caso in cui non si farà la nuova strada, a 5.950 veicoli/h e, nel caso in cui si farà la nuova strada, a 6.575 veicoli/h.

Nella stessa sezione, il traffico, attualmente, ammonta a 4.675 veicoli/h (17); una aliquota di tale flusso si riversa sulla tangenziale, la quale però riceve anche altro traffico. Nell'ipotesi che tutto l'incremento di traffico si riversi sulla tangenziale, il traffico sulla stessa si incrementerà, per questo solo fatto, nella misura da 1.275 veicoli/h (nel caso in cui non si faccia la nuova strada) a 1.900 veicoli/h (nel caso in cui si faccia la nuova strada).

La capacità attuale della tangenziale, al livello di servizio D, è dell'ordine di 9.000 veicoli/h. Per poter fare previsioni sugli effetti dell'impatto del detto traffico addizionale, occorre preliminarmente conoscere, almeno, qual'è l'impegno attuale della tangenziale. Ne consegue che occorre procedere a rilevazioni di traffico che permettano di calcolare il tgm, in ordine alla cui dimensione, attualmente non si dispone di alcuna fondata indicazione.

Occorre raccomandare di dare corso alle necessarie rilevazioni di traffico.

17. Si tratta del traffico che corre sulle strade statali n 24 e n 25.

9.3.8. *Tempi*

In tabella 9.4 è riportato il cronogramma dei tempi di costruzione per tronco, secondo il livello di servizio di riferimento.

Si fanno seguire brevi annotazioni in ordine alle ipotesi su cui si fondano gli indicati tempi di costruzione.

Per il tronco Rivoli/Alpignano (tangenziale)-Avigliana/Grangia, i tempi sono condizionati alla suddivisione del tronco in 2 lotti.

Per il tronco Avigliana/Grangia-Susa i tempi sono condizionati alla suddivisione del tronco in 6 lotti. Si deve aggiungere che il risparmio, nel tempo di costruzione, che si ha nel caso del livello di servizio B, rispetto ai casi dei livelli di servizio D e C, è dovuto al fatto che, nel primo, si dà luogo ad un tracciato interamente nuovo, mentre negli altri casi, si prevede l'uso di parte delle strade statali esistenti: ciò produrrà qualche intralcio aggiuntivo nell'esecuzione dei lavori.

Per il tronco Susa-Oulx, i tempi sono condizionati alla suddivisione del tronco in 10÷12 lotti. Non dovrebbe essere necessario richiamare l'attenzione sulle difficoltà ingenerate, in questo tronco, dalla morfologia del territorio attraversato.

Per il tronco Oulx-traforo del Fréjus, i tempi sono condizionati alla suddivisione del tronco in 3 lotti.

Appare immediatamente che, in generale, il livello di servizio assunto come riferimento non ingenera differenziazioni nei tempi di costruzione e che il tronco che, richiedendo il tempo di costruzione maggiore (4,5 anni), gioca un ruolo di vincolo è quello da Susa ad Oulx.

Si deve aggiungere che agli indicati tempi di costruzione vanno sommati i tempi per la progettazione e per l'appalto; tempi che, complessivamente, si stimano in due anni.

In conclusione, il tempo complessivo occorrente — determinato dal tempo occorrente per la costruzione del tronco Susa-Oulx e dal tempo occorrente per la progettazione e per l'appalto — ammonta a 6,5 anni.

Non si può non richiamare l'attenzione sia sull'entità del tempo complessivo sia sulla consistenza relativa del tempo richiesto dalla progettazione e dall'appalto (tempo, quest'ultimo, che occorrerà cercare di ridurre quanto più è possibile).

Tab. 9.4 - Cronogramma dei tempi di costruzione

TRONCO	LIVELLO DI SERVIZIO	ANNO				
		1	2	3	4	5
Rivoli/Alpignana (tangenziale)- Avigliana/Grangia	D					
	C					
	B					
Avigliana/Grangia-Susa	D					
	C					
	B					
Susa-Oulx	D					
	C					
	B					
Oulx-trafara del Fréjus	D					
	C					
	B					

9.3.9. Strategie di intervento

Come si è visto, il tempo complessivo necessario per adeguare il sistema stradale alla situazione che sarà ingenerata dall'apertura del traforo stradale del Fréjus è rilevante e tale rilevanza pone il problema del suo controllo (in particolare, il problema del controllo del tempo di progettazione e di appalto).

Si deve, però, aggiungere che non è il problema del tempo né l'unico né il problema più rilevante.

Come è ovvio, il problema più rilevante è quello della dimensione dell'investimento necessario. Ciò impone di sondare la possibilità di realizzare l'opera complessiva per gradi, scaglionando quanto più è possibile gli investimenti nel tempo.

Lo scaglionamento può essere operato sia realizzando l'opera complessiva per tratti sia realizzando la stessa con caratteristiche da adeguare successivamente all'incremento del traffico.

Per quanto riguarda il primo criterio (realizzare l'opera complessiva per tratti), il margine di manovra è assai ridotto, poiché tutto l'asse viario è già in condizioni critiche e tanto più lo sarà dopo l'apertura del traforo stradale; comunque, il criterio potrebbe essere quello di dare la precedenza ai tratti più sovraccarichi, cioè ai tratti aventi il rapporto, tra punta normale di traffico e capacità, più elevato.

Posto quanto precede, la sequenza temporale degli interventi potrebbe essere la seguente:

1. collegamento del piazzale del traforo con la strada statale n 335 nella zona di Savoulx, al fine di evitare il congestionamento dell'abitato di Bardonecchia e le strozzature che si presentano in questo tratto della strada statale n 335;
2. esecuzione del tratto che va da San Giuliano fino a superare la zona in frana di Serre la Voute, al fine di risolvere il problema delle salite di Gravere e quello della zona di Serre la Voute, morfologicamente fra le più tormentate;
3. superamento degli abitati di Bussoleno e di Borgone di Susa, al fine di evitare congestione negli stessi;
4. costruzione del tronco Rivoli/Alpignano (tangenziale)-Avigliana/Grangia;
5. completamento dei rimanenti tronchi.

Per quanto riguarda il secondo criterio (adeguare l'infrastruttura all'incremento di traffico per passi successivi), occorre tenere presente quanto segue:

- a. il volume di traffico minimo, per il quale l'infrastruttura va prevista sin dall'inizio, è quello che corrisponde all'epoca 1989, visto il tempo occorrente per la progettazione, l'appalto e la costruzione (e ciò qualunque sia il tipo di intervento che si decide di effettuare); il livello di servizio minimo, cui fare riferimento, è il livello D;
- b. ampliamenti che permettano di adeguare al traffico la sede stradale per passi successivi sono possibili, purché se ne tenga opportunamente conto in sede di progettazione. Quanto ora enunciato vale con le limitazioni orientative che si ricavano da quanto segue:
 - a. tronco Rivoli/Alpignano (tangenziale)-Avigliana/Grangia: è possibile passare, senza oneri addizionali elevati, da una strada con caratteristiche corrispondenti al livello di servizio D ad una strada con caratteristiche corrispondenti al livello di servizio C; invece, passare da una strada con caratteristiche corrispondenti al livello di servizio C ad una strada con caratteristiche corrispondenti al livello di servizio B richiede oneri addizionali elevati;
 - b. tronco Avigliana/Grangia-Susa: è possibile passare, senza oneri addizionali elevati, da una strada con caratteristiche corrispondenti al livello D ad una strada con caratteristiche corrispondenti al livello C; mentre, a causa del diverso tracciato, passare da una strada con caratteristiche corrispondenti al livello C ad una strada con caratteristiche corrispondenti al livello B richiede oneri addizionali estremamente elevati;
 - c. tronco Susa-Oulx: nel tratto morfologicamente più tormentato, quello da dopo San Giuliano a Salbertrand, passare da una strada corrispondente al livello di servizio D ad una strada corrispondente al livello di servizio C richiede oneri addizionali elevati e passare da una strada corrispondente al livello di servizio C ad una strada corrispondente ad un livello di servizio B richiede oneri addizionali ancor più elevati; nel tratto da Salbertrand ad Oulx, sembra possibile passare, con oneri comunque elevati, sia da una strada corrispondente al livello

- di servizio D ad una strada corrispondente al livello di servizio C sia da una strada corrispondente ad un livello di servizio C ad una strada corrispondente al livello di servizio B;
- d. tronco Oulx-traforo del Fréjus: passare sia da una strada corrispondente al livello di servizio D ad una strada corrispondente al livello di servizio C sia da una strada corrispondente al livello di servizio C ad una strada corrispondente al livello di servizio B richiede oneri addizionali elevati.

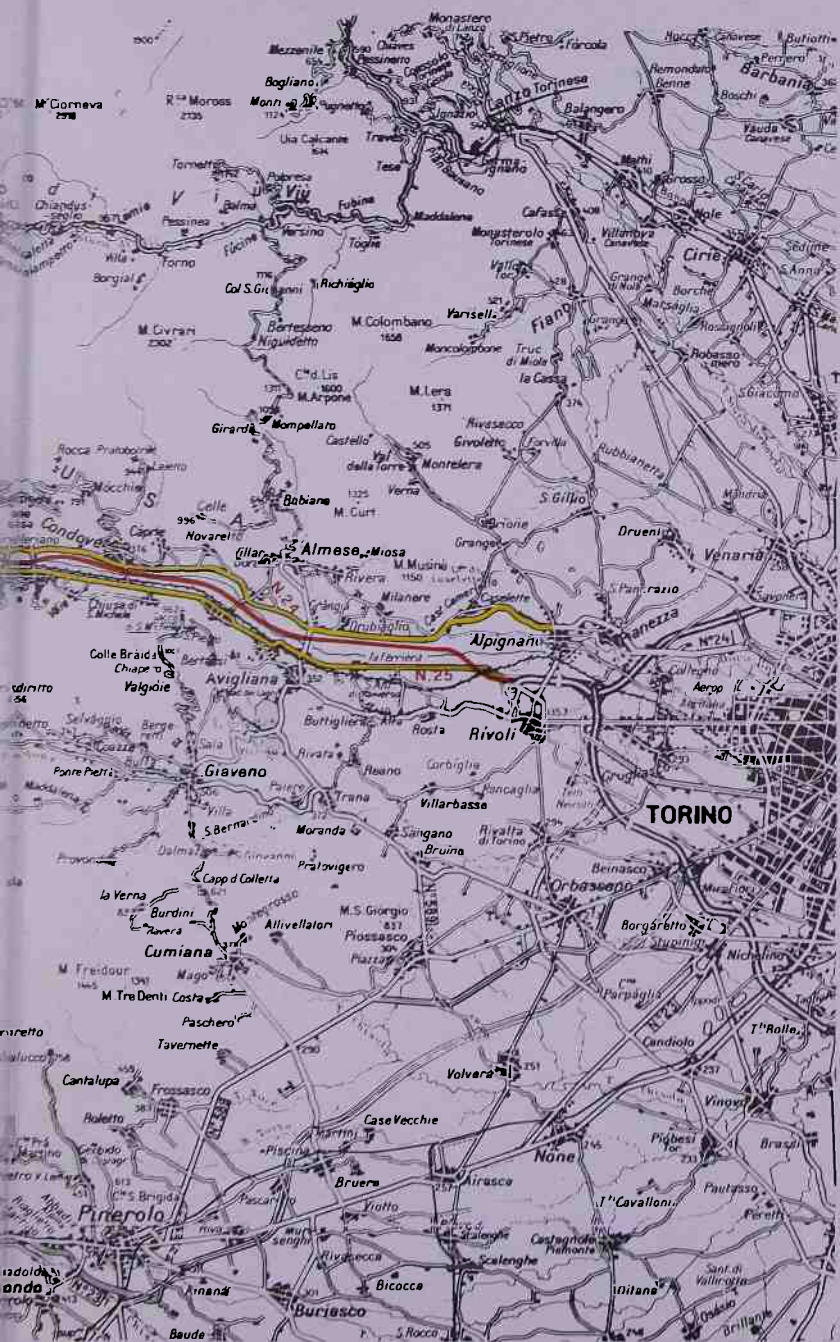
Per fornire ulteriori elementi su cui fondare la scelta del livello di servizio da adottare, si indica il periodo, a partire dall'epoca 1989, durante il quale l'infrastruttura prevista è in grado di far fronte ad un incremento di traffico continuando ad assicurare il livello di servizio assegnato.

L'epoca in cui si devono effettuare interventi, successivamente al 1989, dipende sia dal livello di servizio adottato, e quindi dal corrispondente tipo di infrastruttura previsto, sia dal tasso di incremento del traffico. Adottando per il traffico un tasso di incremento annuo dell'ordine del 2-2,5 per cento, si determina la seguente situazione:

- a. adottando il livello di servizio D, per mantenere detto livello occorre mettere mano ad ampliamenti dopo 10-15 anni per i tronchi Rivoli/Alpignano (tangenziale)-Avigliana/Grangia ed Avigliana/Grangia-Susa, mentre i tronchi Susa-Oulx e Oulx-traforo del Fréjus sono in grado di sopportare traffico, mantenendo il livello di servizio D, per 20 anni, ed oltre, dopo il 1989;
- b. adottando il livello di servizio C, per mantenere detto livello occorre mettere mano ad ampliamenti dopo 5 anni, mentre — se si accetta un decadimento verso il livello di servizio D — si può proseguire indefinitamente (cioè, al di là di quei traguardi temporali che ha senso considerare);
- c. adottando il livello di servizio B, per mantenere detto livello occorre mettere mano ad ampliamenti dopo 5-10 anni, mentre — se si accetta un decadimento verso il livello di servizio C — si può proseguire indefinitamente (nel senso precisato poco sopra).







Disegno 3.

Tracciato possibile per assicurare in futuro un livello di servizio B

LEGENDA

— Interventi con nuovo tracciato

- - - Interventi sull'attuale tracciato

==== Rete stradale attuale

0 2 4 6 8 10 Km

9.3.10. *Riepilogo*

Il traffico, generato dal traforo del Fréjus e sovrappoventesi a quello proprio della valle, interessa l'itinerario dalla tangenziale di Torino al traforo stesso; per tale itinerario, sono stati individuati gli interventi occorrenti per assicurare un livello di servizio da D a B (invece, per i tronchi Oulx-Monginevro e Susa-Moncenisio, non direttamente interessati dal traffico generato dal traforo del Fréjus, ci si è limitati ad individuare quegli interventi che permettono qualche miglioramento dell'attuale livello di servizio).

Per i tronchi direttamente interessati dal traffico generato dal traforo del Fréjus, nelle tabelle 9.5, 9.6 e 9.7 sono riassunti, per i livelli di servizio da D a B, gli interventi con i relativi costi.

In sintesi, per tronco, si rileva quanto segue:

a. tronco Rivoli/Alpignano (tangenziale)-Avigliana/Grangia:

<i>Livello di servizio</i>	<i>Costo (milioni di lire)</i>
D	21.800
C	25.900
B	30.500;

rispetto all'intervento che consente di ottenere il livello di servizio D, quello che consente di ottenere il livello di servizio C è più elevato nella misura del 19 per cento, quello che consente di ottenere il livello di servizio B è più elevato nella misura del 40 per cento. In questo tronco, differenze nei costi sono imputabili, fondamentalmente, alle differenti caratteristiche geometriche della sede stradale;

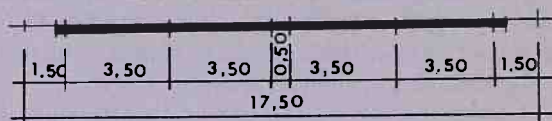
b. tronco Avigliana/Grangia-Susa:

<i>Livello di servizio</i>	<i>Costo (milioni di lire)</i>
D	54.300
C	72.400
B	81.200;

Tab. 9.5 – Interventi e relativi costi per assicurare il livello di servizio D

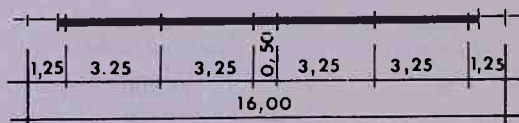
Tronco Rivoli/Alpignano (tangenziale)-Avigliana/Grangia

Lunghezza : 9,5 km
 Tipo di strada : carreggiata unica a due corsie per senso di marcia
 Velocità di progetto : 100 km/h
 Costo : 21.800 milioni di lire



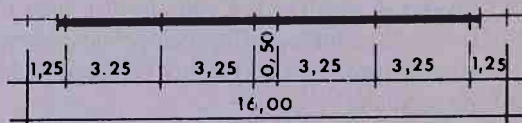
Tronco Avigliana/Grangia-Susa

Lunghezza : 27,5 km
 Tipo di strada : carreggiata unica a due corsie per senso di marcia
 Velocità di progetto : 80 km/h
 Costo : 54.300 milioni di lire



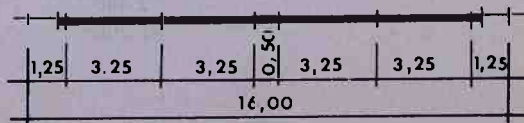
Tronco Susa-Oulx

Lunghezza : 23,0 km
 Tipo di strada : carreggiata unica a due corsie per senso di marcia
 Velocità di progetto : 80 km/h
 Costo : 148.200 milioni di lire



Tronco Oulx-traforo del Fréjus

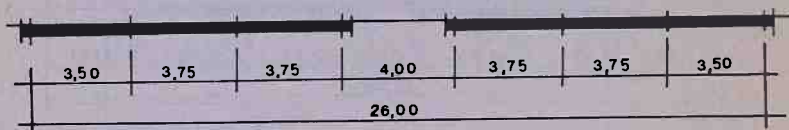
Lunghezza : 11,5 km
 Tipo di strada : carreggiata unica a due corsie per senso di marcia
 Velocità di progetto : 80 km/h
 Costo : 29.000 milioni di lire



Tab. 9.7 – Interventi e relativi costi per assicurare il livello di servizio B

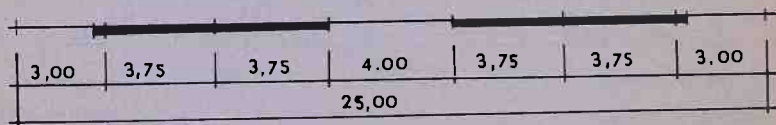
Tronco Rivoli/Alpignano (tangenziale)-Avigliana/Grangia

Lunghezza : 9,5 km
 Tipo di strada : due carreggiate a tre corsie per senso di marcia
 Velocità di progetto : 120÷140 km/h
 Costo : 30.500 milioni di lire



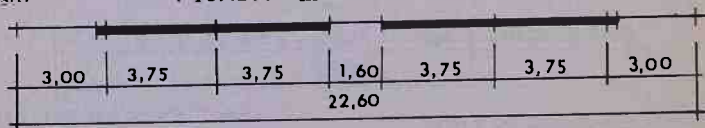
Tronco Avigliana/Grangia-Susa

Lunghezza : 27,5 km
 Tipo di strada : due carreggiate a due corsie per senso di marcia
 Velocità di progetto : 120÷140 km/h
 Costo : 81.200 milioni di lire



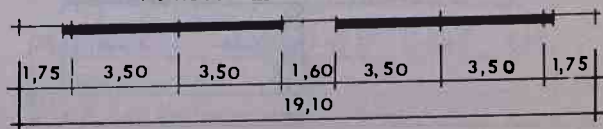
Tronco Susa-Oulx

Lunghezza : 23,0 km
 Tipo di strada : due carreggiate a due corsie per senso di marcia
 Velocità di progetto : 100÷120 km/h
 Costo : 189.200 milioni di lire



Tronco Oulx-traforo del Fréjus

Lunghezza : 11,5 km
 Tipo di strada : due carreggiate a due corsie per senso di marcia
 Velocità di progetto : 100÷120 km/h
 Costo : 34.800 milioni di lire



rispetto all'intervento che consente di ottenere il livello di servizio D, quello che consente di ottenere il livello di servizio C è più elevato nella misura del 33 per cento, quello che consente di ottenere il livello di servizio B è più elevato nella misura del 50 per cento. In questo tronco, come in quello precedente, le differenze nei costi sono imputabili, fondamentalmente, alle differenti caratteristiche geometriche della sede stradale;

c. tronco Susa-Oulx:

<i>Livello di servizio</i>	<i>Costo (milioni di lire)</i>
D	148.200
C	163.900
B	189.200;

rispetto all'intervento che consente di ottenere il livello di servizio D, quello che consente di ottenere il livello di servizio C è più elevato nella misura dell'11 per cento, quello che consente di ottenere il livello di servizio B è più elevato nella misura del 28 per cento. In questo tronco, le differenze nei costi, dovute alle differenti caratteristiche geometriche, appaiono percentualmente attutite per l'incidenza delle numerose infrastrutture — ponti, viadotti e gallerie —, rese necessarie dalla tormentata morfologia del territorio attraversato;

d. tronco Oulx-traforo del Fréjus:

<i>Livello di servizio</i>	<i>Costo (milioni di lire)</i>
D	29.000
C	31.100
B	34.800;

rispetto all'intervento che consente di ottenere il livello di servizio D, quello che consente di ottenere il livello di servizio C è più elevato nella misura del 7 per cento, quello che consente di ottenere il livello di servizio B è più elevato nella misura del 20 per cento. In questo tronco, le differenze nei costi sono dovute,

più che alle differenti caratteristiche geometriche, al fatto che l'intervento che consente di ottenere il livello di servizio B, in relazione all'essere interamente sul nuovo tracciato, comporta un attraversamento fluviale in più rispetto agli altri due interventi.

Come si è visto in 9.3.9, la sequenza di interventi — secondo il criterio di scaglionamento degli investimenti fondato sulla realizzazione dell'opera complessiva per tratti — potrebbe essere la seguente:

1. collegamento del piazzale del traforo con la strada statale n 335 nella zona di Savoulx;
2. esecuzione del tratto che va da San Giuliano fino a superare la zona in frana di Serre la Voute;
3. superamento degli abitati di Bussoleno e di Borgone di Susa;
4. costruzione del tronco Rivoli/Alpignano (tangenziale)-Avigliana/Grangia;
5. completamento dei rimanenti tronchi.

Come si ricava da quanto in 9.3.9, la sequenza di interventi — secondo il criterio di scaglionamento degli investimenti fondato sull'adeguamento dell'infrastruttura all'incremento di traffico per passi successivi — appare, ed in limitata misura (cioè, per i primi due tronchi), possibile se il livello di servizio finale è il livello di servizio C; non, invece, se il livello di servizio finale è il livello di servizio B.

Come si è visto in 9.3.9 la necessità di porre mano a nuovi investimenti, dopo l'epoca 1989, si porrebbe, nel caso in cui si adottasse il livello di servizio D, dopo almeno 10-15 anni, nel caso in cui si adottasse il livello di servizio C dopo 5 anni e nel caso in cui si adottasse il livello di servizio B dopo 5-10 anni.

10. CONCLUSIONE

10.1. Premessa

Si espongono i risultati dello studio, procedendo secondo la struttura logica dello stesso, enunciata in 1.3, e facendo riferimento alla seguente articolazione in tronchi del canale stradale:

- a. Rivoli/Alpignano (tangenziale)- Avigliana/Grangia (che, per brevità, si indicherà un po' imprecisamente come Rivoli-Avigliana);
- b. Avigliana/Grangia-Susa (che, per brevità, si indicherà un po' imprecisamente come Avigliana-Susa);
- c. Susa-Oulx;
- d. Oulx- traforo del Fréjus (1).

10.2. I risultati

10.2.1. *Livelli di servizio attuali*

I livelli di servizio, che attualmente si producono sul canale stradale esistente, sono in generale insoddisfacenti, facendo riconoscere una frequenza elevata di situazioni E ed F. Fanno, sostanzialmente, eccezione: sulla strada statale n 24, il tratto S. Giorio-bivio per Tanze (livello di servizio D), il tratto Salbertrand-Oulx

1. In questa sede conclusiva, per evitare ogni distrazione dal problema centrale, si trascurerà di trattare i tronchi Oulx-Monginevro e Susa-Moncenisio, che pure nello studio sono stati trattati.

(livello di servizio D); sulla strada statale n 25, il tratto tangenziale di Torino-Ferriera (livello di servizio B), il tratto Borgone-Vernetto (livello di servizio D), il tratto Foresto di Bussoleno-Susa (livello di servizio C); la strada statale n 335 (livello di servizio C).

10.2.2. *Livelli di servizio che si determinerebbero sul canale stradale attuale a seguito dell'apertura del traforo stradale*

I livelli di servizio, che si determinerebbero sul canale stradale attuale a seguito dell'apertura del traforo stradale del Fréjus, sono assolutamente insoddisfacenti, facendo riconoscere in modo pressoché generalizzato situazioni F. Fa, sostanzialmente, eccezione, sulla strada statale n 25, il tratto tangenziale di Torino-Ferriera (livello di servizio B).

10.2.3. *Livelli di servizio assunti come riferimento*

Come già detto, la scelta del livello di efficienza da conseguire sul canale stradale della valle di Susa, da operare nel quadro della distribuzione delle risorse tra i bisogni, è scelta squisitamente politica.

Allo scopo di permettere all'operatore pubblico di svolgere il proprio compito nelle condizioni migliori, si è fatto riferimento al seguente ventaglio di livelli di servizio:

1. livello di servizio D;
2. livello di servizio C;
3. livello di servizio B.

10.2.4. *Interventi*

10.2.4.1. *Tronco Rivoli-Avigliana*

Per ottenere un livello di servizio non inferiore a D, occorre introdurre una nuova strada.

La lunghezza del tronco è di 9,5 km.

Per ottenere un livello di servizio D, occorre una larghezza complessiva della strada di 17,5 m.

Per ottenere un livello di servizio C, occorre una larghezza complessiva della strada di 22,5 m.

Per ottenere un livello di servizio B, occorre una larghezza complessiva della strada di 26 m.

L'investimento necessario è:

- per ottenere il livello di servizio D: 22 miliardi di lire;
- per ottenere il livello di servizio C: 26 miliardi di lire;
- per ottenere il livello di servizio B: 30 miliardi di lire.

10.2.4.2. *Tronco Avigliana-Susa*

Si può ottenere sia il livello di servizio D sia il livello di servizio C utilizzando l'esistente (ovviamente, in parte). Per ottenere un livello di servizio B, occorre introdurre una nuova strada.

In ogni caso, la lunghezza del tronco è di 27 km.

Per ottenere un livello di servizio D, occorre una larghezza complessiva della strada di 16 m.

Per ottenere un livello di servizio C, occorre una larghezza complessiva della strada di 22,5 m.

Per ottenere un livello di servizio B, occorre una larghezza complessiva della strada di 25 m.

L'investimento necessario è:

- per ottenere il livello di servizio D: 54 miliardi di lire;
- per ottenere il livello di servizio C: 72 miliardi di lire;
- per ottenere il livello di servizio B: 81 miliardi di lire.

10.2.4.3. *Tronco Susa-Oulx*

Per ottenere un livello di servizio non inferiore a D, occorre introdurre una nuova strada.

La lunghezza del tronco è di 23 km.

Per ottenere un livello di servizio D, occorre una larghezza complessiva della strada di 16 m.

Per ottenere un livello di servizio C, occorre una larghezza complessiva della strada di 19 m.

Per ottenere un livello di servizio B, occorre una larghezza complessiva della strada di 22, 5 m.

L'investimento necessario è:

- per ottenere il livello di servizio D: 148 miliardi di lire;
- per ottenere il livello di servizio C: 164 miliardi di lire;
- per ottenere il livello di servizio B: 189 miliardi di lire.

10.2.4.4. *Tronco Oulx-traforo del Fréjus*

Si può ottenere sia il livello di servizio D sia il livello di servizio C utilizzando l'esistente (ovviamente, in parte). Per ottenere un livello di servizio B, occorre introdurre una nuova strada.

In ogni caso, la lunghezza del tronco è di 11 km.

Per ottenere un livello di servizio D, occorre una larghezza complessiva della strada di 16 m.

Per ottenere un livello di servizio C, occorre una larghezza complessiva della strada di 17,5 m.

Per ottenere un livello di servizio B, occorre una larghezza complessiva della strada di 19 m.

L'investimento necessario è:

- per ottenere il livello di servizio D: 29 miliardi di lire;
- per ottenere il livello di servizio C: 31 miliardi di lire;
- per ottenere il livello di servizio B: 35 miliardi di lire.

10.2.4.5. *Intera comunicazione Rivoli-traforo del Fréjus*

Con riferimento all'intera comunicazione stradale, l'investimento necessario è:

- per ottenere il livello di servizio D: 253 miliardi di lire;
- per ottenere il livello di servizio C: 293 miliardi di lire;
- per ottenere il livello di servizio B: 335 miliardi di lire.

Come appare chiaramente, l'investimento necessario, qualunque sia il livello di servizio cui si faccia riferimento, è elevato.

10.2.5. *Tempi*

Il tempo occorrente per la costruzione, qualunque sia il livello di servizio cui si faccia riferimento è di 4,5 anni. A tale tempo occorre sommare i tempi occorrenti per la progettazione e per l'appalto; tempi che, complessivamente, si stimano in due anni.

In totale, il tempo occorrente per la realizzazione delle opere, qualunque sia il livello di servizio cui si faccia riferimento, ammonta a 6,5 anni.

Non si può non richiamare l'attenzione sia sull'entità del tempo complessivo (a partire dalla quale si faranno seguire alcune considerazioni) sia sulla consistenza relativa del tempo richiesto dalla progettazione e dall'appalto (tempo, quest'ultimo, che occorrerà cercare di ridurre quanto più è possibile).

Ne consegue che, qualunque fra le soluzioni alternative venga assunta, l'entrata in funzione del nuovo sistema di comunicazioni stradali nella valle di Susa, inteso nella sua completezza, si colloca nell'intorno dell'anno 1985.

Com'è chiaro, l'entrata in funzione del nuovo sistema di comunicazioni stradali, inteso nella sua completezza, non può avere luogo che con 5 anni di ritardo rispetto all'apertura del traforo stradale del Fréjus.

10.2.6. *Strategia di intervento*

Da quanto in 10.2.5 consegue che la sequenza temporale secondo cui concludere le opere assume importanza strategica.

Ciò riconosciuto, apparirebbe — come la più opportuna — la sequenza temporale seguente:

1. collegamento del piazzale del traforo stradale del Fréjus con la strada statale n 335 nella zona di Savoulx;
2. esecuzione del tratto che va da San Giuliano fino a superare la zona in frana di Serre la Voute;

3. superamento degli abitati di Bussoleno e di Borgone di Susa;
4. costruzione del tronco Rivoli-Avigliana;
5. completamento dei rimanenti tronchi.

Come si è visto in 10.2.4.5, l'investimento necessario, qualunque sia il livello di servizio cui si faccia riferimento, è elevato.

In relazione a quanto precede, occorre ricercare il massimo scaglionamento degli investimenti nel tempo (al di là di quanto già consentito dalla introdotta sequenza temporale secondo cui concludere le opere), adeguando gradualmente il canale stradale alle condizioni di traffico corrispondenti alla decisione che l'operatore pubblico assumerà. Quanto ora ipotizzato appare possibile, sebbene in limitata misura (cioè, per i primi due tronchi), se il livello di servizio finale è il livello di servizio C; non invece, se il livello di servizio finale è il livello di servizio B.

10.3. Osservazioni finali

Gli interventi necessari sono, in ogni caso, di grande dimensione e complessità.

Gli investimenti necessari sono, in ogni caso, elevati.

Le differenze tra le diverse alternative sono, in termini di investimenti, consistenti e, comunque, tali da meritare una attenta riflessione.

I tempi necessari sono invarianti rispetto alle alternative e tali da destare preoccupazione in ordine a ciò che si potrà produrre sul canale stradale a partire dall'apertura del traforo stradale e fino all'entrata in funzione del nuovo sistema di comunicazioni stradali, inteso nella sua completezza. Da ciò discende la necessità di ricorrere ad una sequenza temporale di conclusione delle opere che riduca, quanto più è possibile, i disagi: detta sequenza è stata individuata.

La elevata dimensione degli investimenti, in ogni caso occorrenti, impone di sondare tutte le possibilità di un loro scaglionamento nel tempo, possibilità rese limitate dalla condizione, necessaria, di non indurre oneri addizionali elevati: dette possibilità sono state indicate.

Non dovrebbe essere più necessario ricordare che quanto precede è subordinato ad una precisata ipotesi di intervento sulle comunicazioni ferroviarie (completamento del raddoppio della ferrovia quanto prima possibile: comunque, entro e non oltre l'anno 1983), che, se ritarderà, renderà più difficile la situazione sul canale stradale (oltre a rischiare di diventare fonte di distorsioni nella distribuzione del traffico tra la ferrovia e la strada).

Per concludere, non dovrebbe essere necessario avvertire che, in una situazione così complessa e dall'evoluzione così complessa, è quanto meno opportuno non rinunciare ad alcuno strumento di controllo; pertanto, è quanto meno opportuno non rinunciare nemmeno all'uso dello strumento di controllo costituito dalla leva del pedaggio. E' vero che trattasi di leva il cui controllo va concordato in sede internazionale; il cui controllo, dunque, è reso complesso da tale circostanza. Tuttavia, sopra tutto nei primi anni, non apparirebbe ragionevole rinunciare all'uso di questo strumento di controllo. L'uso di questo strumento di controllo non può essere tale da vanificare l'investimento operato per la costruzione del traforo e, tuttavia, deve essere tale da contenere, se e nella misura in cui occorra, l'uso del traforo, e ciò senz'altro fino all'entrata in funzione del nuovo sistema di comunicazioni stradali, inteso nella sua completezza.

Urbanistica

Testi

1. Grazioli G., Incerti A., Incerti S.M., Manna C., Stucchi S., Violetti L., *L'informatica nella gestione del territorio*

Documenti

1. ANCSA — Sezione Piemonte Valle d'Aosta (a cura di), *Centro storico città-regione. Idee ed esperienze di risanamento. Confronto sui problemi di Torino*
2. Federico Gorio (a cura di), *Urbanistica: dall'empirismo verso la teoria*
3. Ires, Assessorato ai trasporti e viabilità, Elc, *Politiche di comunicazione in valle di Susa in relazione all'apertura del traforo stradale del Fréjus*

Collana di architettura, diretta da Massimo Scolari

1. E. Bonfanti, G. Braghieri, R. Bonicalzi, F. Raggi, A. Rossi, M. Scolari, D. Vitale, *Architettura razionale*
2. H. Tessenow, *Osservazioni elementari sul costruire*
3. H. Schmidt, *Contributi all'architettura: 1924-1964*
4. P.A. Aleksandrov - S.O. Chan Magomedov, *Ivan Leonidov*
5. G. Samonà, *L'unità architettura-urbanistica. Scritti e progetti 1929-1973*
6. S.O. Chan Magomedov, *Moisej Ginzburg*
7. V. Savi, *L'architettura di Aldo Rossi*
8. J. Reys, *La costruzione dell'America urbana*
9. E. Kaufmann, *Tre architetti rivoluzionari: Boullée, Ledoux e Lequeu*
10. K. Junghanns, *Bruno Taut: 1880-1938*
11. J. Posener, *Hans Poelzig. Scritti e opere*
12. L. Hilberseimer, *L'architettura degli anni venti a Berlino*

Di prossima edizione:

AA.VV., *Architettura e topografia a Milano fino all'Unità d'Italia*

G. Grassi-A. Monestiroli, *La città di Pavia*

J.J.P. Oud, *L'architettura olandese*

Serie di architettura

1. Alberto Ressa, *L'ospedale. Programmazione tecnica e progettazione dell'ospedale generale come sistema*
2. Mario Scheichenbauer, *Lavorazione dei termoplastici: la termoformatura*
3. Ico Parisi, *Utopia realizzabile attraverso l'integrazione delle arti*

Collana di studi urbani e regionali

1. L.B. Mennes, Jan Tinbergen, J. George Waardenburg, *Lo spazio nei piani economici*
2. Pierluigi Crosta, (a cura di), *L'urbanista di parte*
3. L. Needleman (a cura di), *Analisi regionale*
4. Sergio Bruno, Giancarlo Mazzocchi (a cura di), *La congestione del traffico: effetti e rimedi*
5. Jerome Rothenberg, *Valutazione economica del rinnovo urbano*
6. Michele Sernini, *Il governo del territorio*
7. Gino Lusso (a cura di), *Economia e territorio*
8. P. Ceccarelli, F. Indovina (a cura di), *Risanamento e speculazione nei centri storici*
9. Paolo Ceccarelli (a cura di), *Potere e piani urbanistici*
10. Francesco Indovina (a cura di), *Capitale e territorio*
11. Alberto Mioni (a cura di), *Sulla crescita urbana in Italia*
12. John L. Taylor, *I giochi di simulazione nell'organizzazione del territorio*
13. Francesco Indovina (a cura di), *Mezzogiorno e crisi*
14. Armando Barp (a cura di), *Il secondo ciclo edilizio*
15. Fabio Arcangeli (a cura di), *Rapporti centro periferia tra regioni*
16. Marcello Balbo (a cura di), *Comprensori, ristrutturazione istituzionale e territorio*
17. Ada Becchi Collidà (a cura di) *Sussidi, lavoro, Mezzogiorno*
18. Gioacchino Garofoli (a cura di), *Ristrutturazione industriale e territorio*
19. Marino Folin (a cura di), *Opere pubbliche, lavori pubblici, capitale fisso sociale*
20. Giuliano Segre (a cura di), *Governo locale, autonomia, dipendenza finanziaria*
21. Marcello Balbo, Luca Pellegrini, *L'organizzazione del territorio tra piano e interventi. Il caso dell'Emilia-Romagna, della Lombardia e del Veneto*



Stampa Tipomorza
V. le Monza, 129 - Milano

Un caso esemplare di studio di problemi dei sistemi di trasporto e del traffico.

Il problema era individuare le soluzioni possibili per le comunicazioni stradali nella valle di Susa in relazione all'apertura del traforo stradale del Fréjus, subordinate ai vincoli di non peggiorare la situazione idrogeologica della valle e di contenere al massimo l'investimento necessario, anche massimizzando l'utilizzazione delle comunicazioni esistenti. Ad ogni soluzione, inoltre, dovevano essere associati vantaggi e oneri, in modo da consentire all'operatore pubblico di decidere avendo presente il quadro delle conseguenze. Partendo da queste premesse, lo studio è così strutturato:

- a. descrizione delle comunicazioni stradali esistenti;
- b. analisi dell'impatto del traffico attuale sulle comunicazioni stradali esistenti e determinazione dei livelli di servizio attuali;
- c. formazione di previsioni di traffico tenendo conto dei seguenti eventi: apertura del traforo stradale del Fréjus (1980); interventi sulla linea ferroviaria: completamento del raddoppio (1983); installazione del blocco automatico (1989);
- d. analisi dell'impatto del traffico previsto sulle comunicazioni stradali esistenti e determinazione dei livelli di servizio conseguenti, per misurare la situazione della circolazione che si produrrebbe a seguito dell'apertura del traforo del Fréjus, ove le comunicazioni della valle di Susa rimanessero come sono attualmente;
- e. definizione, sotto la condizione di non peggiorare la situazione idrogeologica, degli interventi capaci di far conseguire, sulle comunicazioni stradali della valle di Susa, livelli di servizio almeno non insoddisfacenti. Gli interventi vengono definiti, sempre, sotto l'ipotesi di essere quelli strettamente necessari;
- f. articolazione temporale degli interventi, che ne permetta la realizzazione a partire da quelli più urgenti;
- g. traduzione degli interventi in investimenti, in modo da associare ad ogni livello di servizio l'investimento necessario per conseguirlo.

L'ultimo punto evidenzia anche la struttura del risultato dello studio, che è costituito dalla associazione livelli di servizio ottenibili-investimenti necessari per conseguirli.